This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

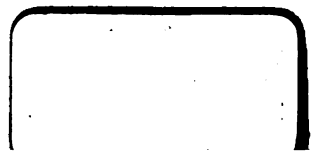
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Oswald Marbach's

Physikalisches Lexikon.

Zweite neu bearbeitete Auflage.

Erster Band.

A. B. C.

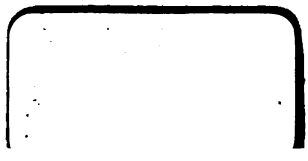
Leipzig,
Verlag von Otto Wigand.
1850.

198. e. 157.

Vorwort.

Wer die Naturwissenschaften kennt, der weiß auch, wie schwierig, ja unmöglich es ist, die einzelnen gegen einander abzugrenzen. Die Uebergänge derselben in einander scharf zu bestimmen wäre ein durchaus unwissenschaftliches pedantisches Beginnen, denn die Unbestimmtheit der Uebergänge ist gerade das Eigenthümliche des Lebendigen — und ein Lebendiges ist auch die wahre Wissenschaft, nicht todte Gelehrsamkeit. So habe ich mir denn bei der Abfassung dieses Physikalischen Wörterbuches, wie schon bei der ersten Auflage, so auch bei dieser zweiten meine Aufgabe in der Weise gestellt, daß ich in das Lexikon Alles dasjenige aufgenommen, was man möglicher Weise in einem physikalischen Lexikon suchen kann. Man wird vielleicht finden, daß ich nach mancher Seite hin zu wenig gethan, nach anderer zu viel; man möge dann der Individualität ihr Recht gönnen: es war eben meine Ansicht, daß z. B. der Physiker auch tüchtige Kenntnisse in der Chemie besitzen müsse. Besonders ausführlich habe ich auch die in ein physikalisches Lexikon gehörigen technologischen Artikel bearbeitet, weil ich wünsche, daß die Physik immer mehr ihren segensreichen Einfluß auf die Technik ausüben möge.

Der ganz praktische Standpunkt, den ich mir bei Abfassung dieses Werkes gegeben, möge mir nicht zum Vorwurfe gemacht werden. Er ist von mir nicht aus Bornirtheit, sondern freiwillig gewählt. Ich kenne sehr wohl den theoretischen Standpunkt, von welchem aus man das angegebene Princip verwerflich finden muß. Aber es galt eine Wissenschaft encyklopädisch darzustellen, welche vermöge ihrer empirischen Form von einer abstracten Vollendung in allen ihren einzelnen Theilen sehr weit entfernt ist, deren Bestandtheile in den abnormsten Verhältnissen ausgebildet sind, wo man sich auf



Oswald Marbach's

Physikalisches Lexikon.

Zweite neu bearbeitete Auflage.

Erster Band.

A. B. C.

Leipzig,
Verlag von Otto Wigand.
1850.

198. e. 157.

Vorwort.

Wer die Naturwissenschaften kennt, der weiß auch, wie schwierig, ja unmöglich es ist, die einzelnen gegen einander abzugrenzen. Die Uebergänge derselben in einander scharf zu bestimmen wäre ein durchaus unwissenschaftliches pedantisches Beginnen, denn die Unbestimmtheit der Uebergänge ist *gerade das* Eigenthümliche des Lebendigen — und ein Lebendiges ist auch die wahre Wissenschaft, nicht todte Gelehrsamkeit. So habe ich mir denn bei der Abfassung dieses Physikalischen Wörterbuches, wie schon bei der ersten Auflage, so auch bei dieser zweiten meine Aufgabe in der Weise gestellt, daß ich in das Lexikon Alles dasjenige aufgenommen, *was man möglicher Weise in einem physikalischen Lexikon suchen kann*. Man wird vielleicht finden, daß ich nach mancher Seite hin zu wenig gethan, nach anderer zu viel; man möge dann der Individualität ihr Recht gönnen: es war eben meine Ansicht, daß z. B. der Physiker auch tüchtige Kenntnisse in der Chemie besitzen müsse. Besonders ausführlich habe ich auch die in ein physikalisches Lexikon gehörigen *technologischen* Artikel bearbeitet, weil ich wünsche, daß die Physik immer mehr ihren segensreichen Einfluß auf die Technik ausüben möge.

Der ganz praktische Standpunkt, den ich mir bei Abfassung dieses Werkes gegeben, möge mir nicht zum Vorwurfe gemacht werden. Er ist von mir nicht aus Bornirtheit, sondern freiwillig gewählt. Ich kenne sehr wohl den theoretischen Standpunkt, von welchem aus man das angegebene Princip verwerflich finden muß. Aber es galt eine Wissenschaft encyklopädisch darzustellen, welche vermöge ihrer empirischen Form von einer abstracten Vollendung in allen ihren einzelnen Theilen sehr weit entfernt ist, deren Bestandtheile in den abnormsten Verhältnissen ausgebildet sind, wo man sich auf

manchen Punkten noch mit den anfänglichſten und unmündigſten Vorſtellungen herumſchlägt, während man ſich auf anderen zu einer ſchwindelnden Höhe der Erkenntniß emporgearbeitet hat; — es galt nicht, die Arbeit des wiſſenſchaftlichen Geiſtes in ihren Werkſtätten aufzunehmen und fortzuführen, ſondern das Vorhandene, das was Reſultat geworden, überſichtlich nach der willkürlichſten und doch durch die Verhältniſſe gebotenen, nach der alphabetiſchen Reihenfolge überſichtlich zuſammenzuſtellen.

An ein Lehrbuch der Phyſik mag man die Forderung ſyſtematiſcher Anordnung des zeitgemäß ausgewählten Stoffes ſtellen; von einer wiſſenſchaftlichen Zeitſchrift mag man verlangen, daß ſie unmittelbar einführe an die Stelle, wo nach den Schätzen neuer Erkenntniß gegraben wird, und daß nur Neues zu Tage gefördert werde: an ein Lexikon muß man die Forderung der Vollſtändigkeit und der Zuſammenſtellung alles deſſen ſtellen, was als Gewordenes, Gewonnenes im Verlaufe der Jahrhunderte ſich herausgeſtellt hat. Die ſyſtematiſche Anordnung dieſes Reichthums von Reſultaten, die Bezeichnung der Lücken des Wiſſens und der dermaligen Beſchäftigung der wiſſenſchaftlichen Werkleute kann nur gelegentlich in einem ſolchen Werke zur Sprache kommen.

Wie achtungswerth und dankenswerth die Arbeiten der phyſikaliſchen „Forſcher“ auch ſind, dieſe ſelbſt können die encyklopädiſche Gelehrſamkeit nicht entbehren, und dieſe hat ein Recht der Exiſtenz neben der Thätigkeit jener. Ich habe leider die Erfahrung machen müſſen, daß die „Forſcher“ ſie mit einem ſehr wenig ehrenvollen Hochmuthe beurtheilt haben, aber es fällt mir nicht ein, Gleiches mit Gleichem zu vergelten. Es fällt mir nicht ein, den wohlfeilen Schein von eminenter Wiſſenſchaftlichkeit der Formelmacher, das wichtigthueriſche Geſchwätz der Hypotheſenkrämer und das banauſiſche Treiben derjenigen zu verhöhnen, welche die Natur experimental mißhandeln, um den belauſchten Angſtſchrei der Natur als eine neueſte Entdeckung auszuposaunen; ſolche Verirrungen der Naturforſcher verwehen ohne mein Zuthun wie Spreu im Winde, der echte Naturforſcher iſt mir ein Gegenſtand größter Achtung und Verehrung, ſelbſt wenn er ein wenig Charlatan iſt. Ich bilde mir auch nicht ein, die encyklopädiſche Gelehrſamkeit ſtehe höher als die Arbeit des Forſchers, ich weiß, daß ihr Schein ebenſo wohlfeil zu erlangen iſt, wie der Schein eines Naturforſchers; aber ich meine, daß die Virtuoſität, die freie Beherrſchung des wiſſenſchaftlichen Reichthums ebenſo große Anſprüche auf Anerkennung haben, wie die Genialität auf dem Gebiete der Naturforſchung.

Wem Neigung und glückliche Verhältniſſe geſtatten, der Beobachtung der Natur, der Ergründung ihrer Geſetze und der experimentalen Beherrſchung derſelben im Einzelnen nachzugehen, der thue es und ernte die Frucht der An-

erkennung, wenn es ihm gelingt, Neues und Bedeutendes zu finden; aber er halte seinen Geist rein von der kleinlichen Eitelkeit, einen höheren Rang in der Welt des Geistes einzunehmen, als derjenige, welcher die Arbeiten aller tüchtigen Geister der Jahrhunderte durchmustert, prüft, zusammenstellt, das Werthvolle sondert von dem Werthlosen und seinen eigenen Geist zum Centralpunkte macht, in welchem die geistigen Strahlen aller jener Forscher und Entdecker sich sammeln. So thöricht es wäre, wollte der, welcher auf diese Weise zum Brennpunkte der Strahlen wird, sich selbst für die all dies Licht aussendende Sonne halten; genau ebenso thöricht ist es, den Focus zu mißachten, weil es nur fremdes Licht ist, das er in sich auffammelt. Es ist gewiß, man würde kein physikalisches Lexikon schreiben können, wenn es keine Naturforscher gäbe, aber es ist auch ebenso gewiß, daß die Wissenschaft niemals über ihre Anfänge hinaus käme, wenn nicht die einzelnen Arbeiten der Forscher von sichtenden und sammelnden Geistern aufgenommen würden. Der größte Naturforscher kann es nicht weiter bringen, als bis zur ehrenvollen Erwähnung seines Namens und seiner Thätigkeit in einer Encyklopädie der Wissenschaft.

Forscherſinn und encyklopädische Gelehrsamkeit mögen friedlich neben einander stehen, einander gegenseitig in die Hände arbeiten und beide ihren Ruhm suchen in der freien geistigen Beherrschung ihres Gebietes, eingedenk, daß ein gedankenloses Begaffen und Beschwätzen der Natur (sogar dann, wenn es die Gestalt der mathematischen Formel annimmt) ein ebenso überflüssiges Treiben ist, als Notizenkram und geistlose Buchgelehrsamkeit.

Ich habe in dem Vorstehenden angedeutet, wonach ich bei Abfassung dieses Werkes gestrebt habe: Vollständigkeit in der Zusammenstellung der Resultate, Uebersichtlichkeit in der Anordung innerhalb der vorgeschriebenen alphabetischen Ordnung, Beherrschung des weitschichtigen Stoffes im wissenschaftlichen Sinne, dazu kommt noch: Angabe der Originalquellen und der beachtungswerthen Literatur.

Bei der encyklopädischen Darstellung einer mit regster Lebendigkeit sich entwickelnden Wissenschaft ist es von großer Wichtigkeit, daß der Zeitraum, innerhalb dessen das Ganze erscheint, ein möglichst beschränkter sei, damit nicht der wissenschaftliche Standpunkt, von welchem die einzelnen Artikel geschrieben sind, im Laufe der Zeit, welche zwischen dem Erscheinen des ersten Bogens und dem des letzten vergeht, sich allzu sehr verändere. Wenn es gelingt, auch die folgenden Bände ebenso zu beschleunigen, wie mit dem ersten Bande geschehen, so wird in etwa drei Jahren das ganze Werk herausgebracht werden, was nur dadurch möglich ist, daß in der ersten Auflage ein reiches Material zur Benutzung vorliegt, welches die Uebersicht des Stoffes erleichtert, und daß ich für bestimmte Zweige des physikalischen Wissens fleißige

Mitarbeiter gewonnen. Die chemiſchen Artikel hat Herr Dr. Emil Wolff ſämmtlich ganz neu bearbeitet; der geachtete Name dieſes fleißigen Gelehrten bürgt für die Tüchtigkeit ſeiner Leiſtungen. Der als mathematiſcher und aſtronomiſcher Schriftſteller durch ſeinen Fleiß und ſeine Kenntniſſe bekannte Herr Dr. G. A. Jahn hat ſämmtliche aſtronomiſche Artikel einer ſorgfältigen Reviſion unterzogen, und viele, mit J. bezeichnete Artikel ganz neu bearbeitet. Herr Dr. Lehmann hat mich durch Nachträge zu den Artikeln Brechung und Compreſſion unterſtützt. Von dem als einer unſerer geiſtreichſten und gelehrteſten Phyſiker berühmten Herrn Profeſſor Schweigger rührt der Artikel Aſtronomiſche und phyſikaliſche Bilderſprache her. In demſelben hat mein innig verehrter Lehrer eine überſichtliche Darſtellung ſeiner geiſtreichen Unterſuchungen und Entdeckungen niedergelegt, welche noch der Würdigung und Anerkennung bloß darum entbehren, weil die Phyſiker ihre Unkenntniß des philologiſchen Alterthumes, die Philologen ihre Unkenntniß der Phyſik hinter einem vornehm ſcheinenden, im Grunde ſehr gemeinen Abſprechen über einen Gegenſtand, welcher jedenfalls der ſtrengſten wiſſenſchaftlichen Prüfung bedarf, verbergen. Es ſollte mich ſehr freuen, wenn mein Wörterbuch Veranlaſſung zu einer endlichen Würdigung der gelehrten Thätigkeit eines Mannes führte, der ſchon durch ſeine früheren großen phyſikaliſchen Entdeckungen (man denke nur an den Schweigger'ſchen Multiplicator und an das Schweigger'ſche Journal) einen unabweisbaren Anſpruch auf Beachtung ſeiner neueren Entdeckungen hat, abgeſehen von dem außerordentlichen Intereſſe, welches dieſe für jeden echt wiſſenſchaftlich gebildeten Geiſt an und für ſich haben.

Leipzig, im Dec. 1849.

Oswald Marbach,
Dr. ph. und Profeſſor an der Univerſität zu Leipzig.

Aal, elektrischer, s. Elektrische Fische.

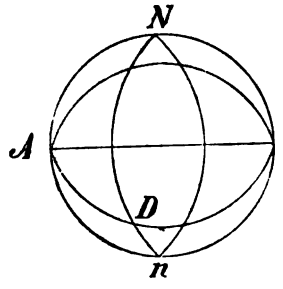
Abdampfen, Abdunsten (lat. evaporatio, franz. und engl. évaporation) ist eine chemische Operation, durch welche man aus einer Flüssigkeit die flüchtigeren Körper von den weniger flüchtigen trennt, indem man die ersteren in Dampfform verwandelt, ohne, wie bei der Destillation, den Dampf wiederum zu condensiren und die condensirte Flüssigkeit für sich aufzufangen. Man hat bei der Operation des Abdampfens entweder die Absicht, die fixen Bestandtheile einer Auflösung im Zustande völliger Trockenheit zu gewinnen (Eintrocknen, Eindampfen bis zur Trockenheit), oder die Flüssigkeit nur auf ein kleineres Volumen zu bringen, um dann andere Operationen mit derselben bequemer vornehmen zu können (Eindampfen, Einengen, Concentriren); die Benennung des Abrauchens wird bei Flüssigkeiten gebraucht, deren flüchtige Bestandtheile unter Bildung eines starken Rauches entweichen, wie es namentlich bei Gegenwart von freier Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure ꝛc. der Fall ist. — Wird das Abdampfen im Großen für pharmaceutische oder technische Zwecke vorgenommen, so hat man vor Allem seine Aufmerksamkeit auf die Ersparniß an Zeit und Brennmaterial zu richten, und deswegen den Gefäßen eine zweckmäßige, das Verdampfen der Flüssigkeit befördernde Form zu geben, die vortheilhafteste Art der Feuerung anzuwenden und die sich bildenden Dämpfe mittelst geeigneter Vorkehrungen möglichst schnell von der Flüssigkeit zu entfernen, welches Letztere durch einen zweckmäßig angebrachten Luftzug und namentlich durch Hineinleiten von heißer Luft, die gesättigt mit Wasserdampf wiederum entweicht, in hohem Grade erreicht wird. Wendet man die Operation des Abdampfens mehr im Kleinen an und besonders bei Gelegenheit der Ausführung von quantitativ-chemischen Analysen, so hat man dabei hauptsächlich auf die Vermeidung jeglichen Verlustes zu sehen und zugleich die abzudampfende Flüssigkeit vor aller Verunreinigung zu schützen. Das Abdampfen geschieht theils an der offenen Luft ohne Anwendung irgend einer künstlichen Wärme, indem man die Flüssigkeit allmälig unter dem Einflusse der Temperatur der atmosphärischen Luft verdunsten läßt, besonders wenn man mit einem durch die Hitze leicht sich zersetzenden Körper zu thun hat, oder wenn man die Bildung von deutlichen und großen Krystallen bezweckt; theils und gewöhnlich an der offenen Luft unterstützt durch künstliche Erwärmung, entweder über freiem Feuer, oder im Wasser-, Sand- oder Oelbade, je nach der Beschaffenheit der Flüssigkeit oder je nachdem man auf die Operation eine längere

oder kürzere Zeit verwenden will; theils im verſchloſſenen, jedoch lufthaltigen Raume, in welchem Falle man die ſich entwickelnden Dämpfe möglichſt ſchnell wieder entfernen muß, indem man ſie durch Subſtanzen, wie concentrirte Schwefelſäure, Chlorcalcium, kohlenſaures Kali ꝛc, abſorbiren läßt; theils endlich im verſchloſſenen und luftleeren Raume, wo man die Dämpfe ebenfalls mittelſt Abſorption durch geeignete Subſtanzen zum Verſchwinden bringt; die letzteren Methoden ſind beſonders zur völligen Entfernung aller Feuchtigkeit aus einer feſten oder flüſſigen Subſtanz anwendbar. S. hierüber den Artikel Trocknen. E. W.

Abdunſten, ſ. Abdampfen.

Abend (lat. occidens; franz. ouest oder couchant; engl. west) und **Morgen** (lat. oriens; franz. orient; engl. est) nennt man ſowohl die Zeit des Unter- und Aufganges der Sonne, als auch die Himmelsgegend, in welcher die Sonne und die übrigen Geſtirne unter- und aufgehen. Man ſagt aber im letzteren Falle beſſer: Abend- und Morgengegend, Weſt und Oſt, Occident und Orient. — Genauer beſtimmen ſich Abend- und Morgengegend nach dem Abendpunkt und Morgenpunkt.

Abendpunkt oder Weſtpunkt und Morgenpunkt oder Oſtpunkt. Wenn man in der Ebene des Horizonts ANQ eine gerade Linie AQ ſenkrecht auf den Mittagskreis NDn zieht, ſo ſchneidet dieſe den Horizont in zwei Punkten, A und Q, von denen der dem Beobachter, welcher das Geſicht dem Nordpunkt N zugewendet hat, links liegende A der Abendpunkt heißt; der rechts liegende Q iſt der Morgenpunkt. Dies ſind die nämlichen Punkte, in denen der Horizont ANQ und der Aequator ADQ ſich ſchneiden, und welche 90° im Horizont vom Nord- und Südpunkte entfernt liegen. Nur zur Zeit der Nachtgleichen (alſo am 21. März und am 23. September) geht die Sonne im Abendpunkte unter, während ſie im Sommer nordwärts, im Winter ſüdwärts von demſelben untergeht.

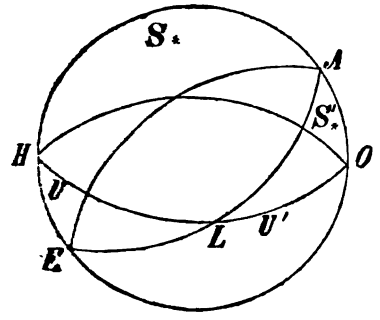


Abendroth, Abendröthe, ſ. Dämmerung.

Abendſtern, ſ. Venus.

Abendweite und Morgenweite (lat. amplitudo occidua — ortiva; franz. amplitude occidentale — orientale ou ortive; engl. occiduous — eastern amplitude). Die im Aequator ſtehenden Sterne gehen im Abendpunkte unter und im Morgenpunkte auf, die Punkte aber, in denen die nördlich vom Aequator ſtehenden Sterne untergehen und aufgehen, liegen nördlich vom Abendpunkte und Morgenpunkte, ſowie die Punkte, in denen die ſüdlich vom Aequator liegenden Sterne untergehen und aufgehen, ſüdlich vom Abendpunkte und Morgenpunkte liegen. Der Bogen des Horizonts, welcher zwiſchen dem Punkte, in dem ein Stern untergeht und aufgeht, und dem Abendpunkte und Morgenpunkte liegt, heißt reſp. ſeine Abendweite und Morgenweite, welche beide eine nördliche und eine ſüdliche ſein können. Man findet die Abendweite eines Sternes, wenn man ſein Azimuth für den Augenblick des Unterganges von 90° abzieht, oder ſeinen Ueberſchuß über 90°

nimmt, wenn es 90° übersteigt. Denn wenn HLO der Horizont, ALE der Aequator und HEOA der Mittagskreis ist, und U der Punkt, in welchem der Stern S untergeht, so ist L der Abendpunkt, H der Nordpunkt, HU das Azimuth für den Augenblick des Niederganges des Sternes S, UL die Abendweite, folglich UL = HL — HU, aber HL = 90°, folglich UL = 90° — HU; oder geht der Stern S' in U' unter, so ist LU' seine (südliche) Abendweite = HU' — 90°. — Auf ähnliche Weise findet man die Morgenweite eines Sterns, sobald man sein Azimuth für den Augenblick des Aufganges kennt. — Da die Abweichung der Sonne bald nördlich, bald südlich, bald wieder Null ist, so muß dieses Gestirn bald nördliche, bald südliche, bald wieder gar keine Abend- und Morgenweite haben.



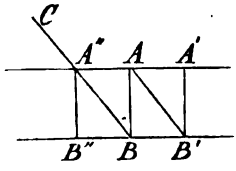
Aberration, s. Abirrung und Ablenkung.

Abgießen, Abnehmen (lat. decantatio; franz. und engl. decantation) ist eine einfache mechanische Operation, wodurch man entweder zweierlei Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte oder Flüssiges von festen Körpern trennt. Es geschieht dies durch Neigen des Gefäßes, oder mittelst des Hebers, der Saugröhre (Stechheber, Pipette), der Spritze, des Scheidetrichters. Das Abgießen einer Flüssigkeit von einem Niederschlage oder einem ungelösten Rückstande ist eine bei analytischen Untersuchungen sehr häufig anzuwendende Operation; man hat hierbei, besonders wenn man die Flüssigkeit auf ein Filter bringen muß, um dieselbe von einem Niederschlage zu trennen, sorgfältig jeglichen Verlust zu vermeiden, und muß zu diesem Zwecke Gefäße anwenden, die von solcher Form sind, daß der herausfließende Strahl mit der Wand des Gefäßes keinen zu spitzen Winkel bildet; der Rand des letzteren muß deshalb etwas glockenförmig nach außen gebogen oder eine etwas vorstehende Rinne (Schnabel) an demselben angebracht sein; zu größerer Sicherheit bestreicht man die Stelle, wo man die Flüssigkeit ausgießen will, an der Außenseite des Randes mit etwas Talg, wodurch das Herabfließen jedes Tropfens an der äußeren Wand verhindert wird, wenn die Flüssigkeit nicht sehr heiß ist oder aus einer starken Lauge von kaustischem Alkali besteht. Auch darf man niemals unterlassen, die Flüssigkeit während des Ausfließens an einem Glasstabe herablaufen zu lassen, indem nur hierdurch das Umherspritzen in dem Trichter oder überhaupt in dem Gefäße, in welches die Auflösung hineingebracht werden soll, vollständig vermieden wird. (Vergl. d. Art. Adhäsion.) E. W.

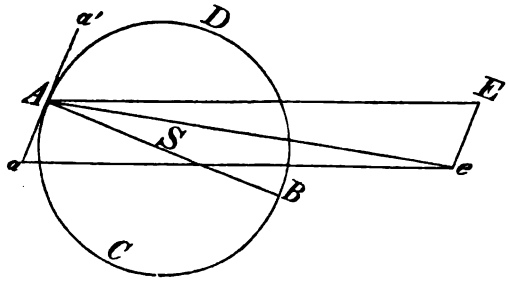
Abirrung des Lichtes oder Aberration (lat. aberratio luminis; franz. aberration de la lumière; engl. aberration) heißt die durch die Bewegung der Erde in ihrer Bahn und durch die Fortpflanzung des Lichtes entstehende, scheinbare, regelmäßig vor sich gehende, jährlich wiederkehrende Aenderung des Ortes eines Sterns. Durch diese Ortsveränderung erscheinen die Gestirne in der Richtung jener Bewegung vorgerückt. Eine leicht verständliche mathematische Betrachtung *)

*) S. Littrow's popul. Astronomie.

wird dies näher erklären. Gesetzt es befindet sich Jemand auf einem viereckigen Schiffe, welches ihm unbewußt mit großer Schnelligkeit von Westen nach Osten einen Strom herunterfährt; auf dem Boden seien nach der Breite des Schiffes gerade Linien senkrecht auf die Seiten des Schiffes gezogen, die also gleichsam die Meridianlinien des Schiffes vorstellen. Man nehme ferner an, es werde vom mittägigen Ufer aus, genau in der Richtung des Meridians, eine Kugel auf das Schiff abgefeuert, die durch beide Wände desselben gehe. Hätte das Schiff still gestanden, so würden die beiden Löcher, welche die Kugel in das Schiff schlägt, genau über derselben Meridianlinie auf dem Schiffsboden liegen. Da aber das Schiff sehr schnell gegen Osten fährt, so wird es, nachdem die Kugel durch die erste südliche Wand geschlagen hat, einen gewissen Weg zurücklegen, bis die Kugel die zweite Wand erreicht, und dieser Weg wird desto größer sein, je größer die Geschwindigkeit des Schiffes gegen die der Kugel ist. Sind z. B. AB, A′B′, A″B″.... die gleichweit von einander entfernten Meridiane des Schiffes, und trifft die Kugel die südliche Wand in A, die nördliche aber in B′, so hat die Kugel den Weg AB = A′B′ zurückgelegt, während das Schiff den Weg BB′ zurücklegte. Ein Mann in dem Schiffe, der nicht weiß, daß er selbst sich mit dem Schiffe bewegt habe, wird daher glauben, man habe nach seinem Schiffe in der Richtung AB′ geschossen, während man doch wirklich in der Richtung des Meridians AB auf dasselbe schoß. Gesetzt aber, er weiß, daß er sich bewege, und daß man in der Richtung des Meridians auf ihn schieße, und daß die Kugel in A″ das Schiff treffen werde, und er wollte eine Röhre, einen Kanal auf dem Schiffe so legen, daß die Kugel ungehindert durch diesen Kanal gehe, ohne die Seitenwände desselben zu berühren, so würde er diesem Kanal offenbar nicht die Richtung A″B″, in welcher die Kugel wirklich abgeschossen wird, sondern die der Linie AB′ parallele Richtung A″B oder die Richtung CB geben müssen, d. h. die Richtung des Kanales würde die Diagonale A″B des Rechteckes ABA″B″ sein müssen, und es ist klar, daß dies auch dann noch wahr sein würde, wenn die Richtung der Kugel A″B″ nicht senkrecht auf die Seitenwände des Schiffes wäre, oder wenn aus dem Rechtecke irgend ein anderes Parallelogramm würde.



Was von der Röhre und der Kugel gesagt wurde, gilt unverändert auch von unseren Fernröhren und dem Lichte, welches die Sterne zu uns senden, vorausgesetzt, daß die Erde sammt dem Fernrohre, wie vorhin das Schiff, sich bewege, und daß die Geschwindigkeit der Erde gegen die des Lichtes noch beträchtlich genug sei, um unseren Sinnen bemerkbar zu sein. Will man das Fernrohr so richten, daß der Stern in demselben erscheine, d. h. daß



sein Licht, ungehindert von der innern Wand des Rohres, in unser Auge gelange, so muß man das Fernrohr nicht auf den wahren Ort des Sternes am Himmel richten, sondern auf einen anderen Ort, welcher gegen den wahren verschiedene Lagen haben wird, je nachdem die Richtungen der Bewegungen des Lichtes und der Erde verschieden sind. Es bezeichne nun A C B D die Erdbahn, im Mittelpunkte S derselben befinde sich die Sonne. Gesetzt dann, die Geschwindigkeit der Erde sei von der Art, daß sie, wenn sie in A eine geradlinige Bewegung (d. i. in der Tangente am Kreise A C B D) annähme, in der nämlichen Zeit, in der das Licht eines Sternes E von E nach A käme, eine Strecke Aa' zurücklegen würde. Verlängert man Aa', bis Aa = Aa' ist, zieht Ee mit Aa und ea mit EA parallel, so ist offenbar die Diagonale Ae des Parallelogrammes A E e a diejenige Richtung, welche man dem Fernrohre geben muß, um den Stern zu sehen, oder Ae ist die Linie nach dem wahren, Ae die Linie nach dem scheinbaren Orte des Sternes, mithin der Winkel E A e die Aberration des Sternes. — Da die Bahn der Erde eine in sich zurücklaufende Linie, eine Ellipse ist, so muß auch demgemäß die scheinbare Lage eines Sternes, wenn man sie ein ganzes Jahr lang unausgesetzt beobachtet, sich so verändern, daß der Stern nach und nach eine scheinbare Bahn beschreibt, die gleichsam ein Wiederbild der Erdbahn im höchst verkleinerten Maßstabe ist. Diese scheinbare Bahn nennt man die Aberrationsellipse. Sie ist für Sterne in dem Pole der Ekliptik ein Kreis, für Sterne in der Ebene der Ekliptik aber eine gerade Linie. Die große Axe der Ellipse bleibt constant, nämlich = 40,5 Secunden, die kleine Axe aber nimmt von 40,5 Sec. allmälig ab bis 0 Sec. Nach den neuesten trefflichen Untersuchungen von Busch *) ist die Constante der Aberration für die Fixsterne höchst wahrscheinlich = 20″,2116 anzunehmen. Nach W. v. Struve**) beträgt sie 20″,4451 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0″,0111, nach C. A. F. Peters zufolge der von ihm 1840 angestellten Beobachtungen des Polarsternes 20″,503 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0″,018. Die in der Astronomie zur Berechnung der Aberration (und Nutation) für einen jeden Fixstern dienenden, genauesten und allgemeinsten Formeln hat Bessel***) angegeben, und allgemeine Tafeln für Aberration (= 20″,4451), Nutation (= 9″,2235) und Schiefe der Ekliptik für 1850 hat Nicolai entworfen und mitgetheilt †). — Die Entdeckung der Aberration machte Bradley, einer der trefflichsten Beobachter aller Zeiten, in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, als er eben bemüht war, die Parallaxe der Fixsterne aus Beobachtungen herzuleiten ††). — Die Aberration hat einen unwidersprechlichen Beweis für die Richtigkeit des Copernicanischen Weltsystems und zugleich auch ein Mittel abgegeben, die Geschwindigkeit des Lichtes (s. Artikel Licht) zu bestimmen.

Abirrung der Magnetnadel, s. Ablenkung.

Abklären ist das Klarwerden oder das Klarmachen einer Flüssigkeit, die Ausscheidung eines gewöhnlich festen in ihr enthaltenen Körpers. Die Abscheidung

*) S. Schumacher's astronomische Nachrichten Nr. 309.

**) Sur le coefficient constant dans l'aberration des étoiles fixes pag. 47.

***) Tabulae Regiomontanae etc. Regiom. Pruss. 1830 (p. XVII — XXIII, Tabulae VIII. et IX.).

†) Schumacher's astron. Nachr. XXI. S. 177 ff.

††) Littrow's Popul. Astron. Wien 1825 (I. Theil S. 138 — 144); Nürnberger's Popul. astron. Handwörterbuch. Kempten 1841. S. 8—12.

erfolgt entweder von ſelbſt bei ruhigem Stehen der Flüſſigkeit, in Folge des verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichtes der mit einander gemengten Subſtanzen, oder wird künſtlich bewirkt oder wenigſtens befördert durch Anwendung von Wärme, oder durch Zuſatz eines Körpers, der chemiſch oder mechaniſch mit dem auszuſcheidenden Stoffe ſich verbindet. E. W.

Abklingen der Bilder, ſ. Sehen.

Abkühlen (lat. refrigeratio; franz. refrigeration, refroidissement; engl. refrigeration) iſt eine Operation, durch welche man einem Körper Wärme entzieht; dieſes geſchieht in der Regel durch Berührung mit einem kälteren Körper, indem man ſich, je nach den Umſtänden, verſchiedener Apparate und verſchiedener kälteerregenden Mittel bedient, von denen man einige in den Artt. Deſtillation, Kältemiſchung, Specifiſche Wärme ꝛc. beſchrieben findet. E. W.

Ablenkung, Abirrung (lat. deviation; franz. u. engl. deviation) der Magnetnadel aus der Richtung des magnetiſchen Meridians, als der normalen Stellung, findet ſtatt, ſobald der Nadel größere oder kleinere Maſſen Eiſens genähert werden. Wenn es daher darauf ankommt, die normale Stellung der Magnetnadel zu beobachten, ſo muß man aus der Nähe derſelben entweder alles Eiſen entfernen, oder man muß eine Vorrichtung anbringen, durch welche der ſtörende Einfluß ſolcher Eiſenmaſſen aufgehoben wird, oder endlich man muß ſich ein beſtimmtes Bewußtſein über die Größe der Ablenkung verſchaffen, die an einem beſtimmten Beobachtungsorte durch in der Nähe befindliche Eiſenmaſſen bewirkt wird, und demgemäß die Beobachtungen der Nadel corrigiren. Beſonders ſtörend ſind die Eiſenmaſſen, welche ſich auf Schiffen befinden, indem ſie auf die Nadeln der Compaſſe wirken, nach denen die Schiffe geſteuert werden und nach denen man auf den Schiffen Beobachtungen über den Erdmagnetismus anſtellt. Da das Schiff kein ruhender Beobachtungsort iſt, ſondern fortwährend ſeine Stellung gegen den geſammten Erdkörper verändert, ſo iſt es hier viel ſchwieriger, die Ablenkung zu beſtimmen. Schon 1666 machte der Hydrograph Wilh. Denys zu Dieppe darauf aufmerkſam, daß zwei an verſchiedenen Punkten auf einem Schiffe aufgeſtellte Compaſſe niemals genau dieſelbe Richtung der Magnetnadel zeigten *). Die Urſache dieſer auffallenden Verſchiedenheit iſt die Verſchiedenheit der Stellung, in welche dieſe Compaſſe zu den auf dem Schiffe vertheilten Eiſenmaſſen kommen. Auch muß derſelbe Compaß auf demſelben Schiffe an derſelben Stelle des Schiffes verbleibend verſchiedene Angaben des magnetiſchen Meridians geben, ſobald das Schiff ſeine Stellung gegen den Meridian verändert. Die Stellung der Magnetnadel iſt nämlich ſtets eine mittlere Stellung zwiſchen derjenigen, welche ihr der Erdmagnetismus allein geben würde (der Stellung im magnetiſchen Meridian), und der Stellung, welche ihr das Eiſen des Schiffes allein geben würde. Indem ſich die Stellung des Schiffes ändert, treten dieſe beiden einander theils entgegenwirkenden, theils zuſammenwirkenden Kräfte in verſchiedene Verbindungen und demgemäß verändert ſich die Stellung der Magnetnadel. Auf dieſen Einfluß der Stellung des Schiffes auf die Angabe des Compaſſes machte zuerſt Wales aufmerkſam, welcher Cook auf ſeiner zweiten Reiſe (1772) begleitete, dann (1788) der däniſche Admiral Löwenörn. Auch andere Seefahrer bemerkten die veränderliche Ablenkung der Magnetnadel, ohne den Grund derſelben zu begreifen. Auf dieſen machte erſt

*) Becquerel traité expér. T. VII. p. 119.

der engl. Seemann Downie in einem Bericht aufmerksam, welchen Walker in seiner Abhandlung vom Magnetismus 1794 veröffentlichte. Noch weiter ging Flinders 1801 u. 1802. Er beobachtete Verschiedenheiten in der Richtung der Magnetnadel, je nachdem das Vordertheil des Schiffes westwärts oder ostwärts gerichtet war, und schloß daraus, daß die Anziehungskräfte der verschiedenen Theile des Schiffes, welche die Magnetnadel zu afficiren vermögen, sich gleichsam in einem Punkt concentriren, als ob sie sämmtlich von dort aus wirkten, welcher sich ungefähr in der Mitte des Schiffes befindet, wo in der Regel große Massen von Eisen: Anker, Ketten, Kanonen und dergl. angehäuft sind. Seitdem haben die engl. Seefahrer diese Ablenkung der Magnetnadel vielfältig und sorgsam beobachtet. Bain machte auf dieselbe in seiner Schrift über die Abweichung der Magnetnadel aufmerksam. Die Seecapitaine Roß, Parry, Sabine haben sich mit diesem Gegenstande beschäftigt, bis Barlow ein einfaches Mittel entdeckte, den störenden Einfluß der Eisenmassen des Schiffes wenigstens zum Theil unschädlich zu machen. Um eine Vorstellung zu geben von der Größe und Veränderlichkeit der Ablenkung der Magnetnadel durch die Eisenmassen eines Schiffes, führt Barlow folgende Beobachtungen an:

Schiff	Ort	Beobachter	Ablenkung
Bramo	Portsmouth	Capit. Hill	4° 32′
Leven	Northfleet	= Owen	6 7
Barracouta	ebend.	= Cuttfield	14 30
Hecla	ebend.	= Parry	7 27
Fury	ebend.	= Hoppner	6 22
Griper	Nore	= Clavering	13 36
Adventure	Plymouth	= King	7 48
Gloucester	Channel	= Stuart	9 30

Je mehr man sich dem magnetischen Pole nähert, desto mehr nimmt die sich selbst überlassene Magnetnadel eine senkrechte Lage an (s. Neigung der Magnetnadel), desto schwächer also ist die Kraft, welche ihre horizontale Richtung bedingt (welche sie in den magnetischen Meridian einstellt), desto bedeutender wird also auch auf dem Schiffe der störende Einfluß des Schiffseisens werden. In hohen Breiten beträgt die Ablenkung der Magnetnadel nicht selten 20 und mehr Grade nach Osten oder Westen.

Um sich von den Nachtheilen zu überzeugen, welche die Ablenkung der Magnetnadel für die Schifffahrt hat, muß man bedenken, daß die Magnetnadel der Führer der Seefahrer durch die Wasserwüste ist. Nun zeigt fast nirgends die Magnetnadel genau die Richtung nach den Erdpolen an, sondern hat bald eine westliche, bald eine östliche Abweichung (s. d.) in Folge der eigenthümlichen Vertheilung des Erdmagnetismus. Von der Größe dieser Abweichung kann sich der Schiffer leicht überzeugen, indem er von Zeit zu Zeit durch astronomische Beobachtungen das Azimuth der Magnetnadel bestimmt, d. h. den Winkel, welchen dieselbe mit dem Meridian macht. Indem nun die Richtung, in welcher sich das Schiff unter dem Einfluß des Windes und der Dampfkraft bewegt, mit der Richtung der Magnetnadel verglichen wird, gelingt es dem Seemann, entlegene Orte mit Hülfe

seiner Karten aufzufinden. Hierbei ist aber vorausgesetzt, daß jene Bestimmung des Azimuths der Magnetnadel nicht mit Fehlern behaftet sei. Dies ist aber der Fall, sobald das Schiffseisen die Abweichung der Nadel vermehrt und vermindert, ohne daß diese Störung in Rechnung gebracht werden kann, weil sie nicht nur von der Masse und Vertheilung des Schiffseisens, sondern überdies von der Breite, unter welcher sich das Schiff so eben befindet, und von der Richtung, die es soeben gegen den Meridian hat, — Dinge, die sich fortwährend verändern — abhängt. Gesetzt die Axe des Schiffes, vom Hintertheile des Schiffes nach dem Vordertheile desselben, sei Anfangs senkrecht auf der Ebene des wahren magnetischen Meridians und gegen Westen gerichtet; die Ablenkung der Nadel betrage 20° und sei westlich von ihrer naturgemäßen Richtung; gesetzt ferner, das Schiff sei von West nach Ost gewendet worden, so daß jene Axe sich um einen Winkel von 180° gewendet hat; die Ablenkung sei fortwährend 20°: so ist klar, daß ein Beobachter, welcher die Ablenkung durch das Schiffseisen nicht kennt und welcher also der Meinung ist, die Nadel sei mit sich selbst parallel geblieben (unter dem sich gleichbleibenden Einflusse des Erdmagnetismus), glauben muß, das Schiff sei nur um einen Winkel von 180° — 40° oder von 140° gedreht worden. Er hat also das Bewußtsein von der Richtung, in welcher sich jetzt das Schiff bewegt, so sehr verloren, daß er einen Weg einschlägt, der mit demjenigen, den er einzuschlagen meint, einen Winkel von 40° macht. Durch astronomische Ortsbestimmungen kann der Seefahrer allerdings solche Irrthümer bald berichtigen; aber in der Nähe von Küsten, Sandbänken, Untiefen, während des Lavirens zwischen dem Lande in stürmischen Nächten, kann ein solcher Irrthum, ehe er eingesehn werden konnte, das Verderben des Schiffes herbeigeführt haben. Alle Bestimmungen über die Abweichung der Magnetnadel in den verschiedenen Gegenden der Erde, bei denen auf die Ablenkung durch das Schiffseisen keine Rücksicht genommen, also alle älteren derartigen Bestimmungen sind mithin falsch oder doch unzuverlässig; und auch alle geographischen Aufnahmen von Küsten, bei denen die Ablenkung der Nadel nicht berücksichtigt worden, müssen fehlerhaft sein.

Unter diesen Umständen ist die Ablenkung der Magnetnadel, nachdem man auf ihre Bedeutsamkeit aufmerksam geworden, ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung und Belehrung geworden und man hat danach gestrebt sie zu vermeiden, besonders auf Schiffen, die nach den Polargegenden Reisen unternehmen.

Flinders schlug (im Anfange dieses Jahrhunderts) vor, zwei Compasse an verschiedenen Orten desselben Schiffes zugleich zu beobachten und aus den verschiedenen Angaben derselben einen Schluß auf die Lage des wahren Meridians zu machen. Ganz besondere Sorgfalt widmeten Parry (1819) und Duperrey (1822) der Beobachtung der Ablenkung und deren möglichster Vermeidung durch Aufstellung des Compasses und durch Fernhaltung des Schiffseisens von demselben. Aber erst Barlow stellte erfolgreiche Untersuchungen über diesen für die Schiffahrt so überaus wichtigen Gegenstand an und entdeckte ein genügendes Mittel zur Vermeidung der Ablenkung.

Barlow ging von der Ansicht aus, daß die verschiedenen Eisenmassen, welche sich an Bord eines Schiffes befinden, unter dem magnetisirenden Einflusse der Erde magnetische Polarität erlangen, und daher ganz wie wirkliche Magnete (theils anziehend, theils abstoßend) gegen die horizontale Magnetnadel des Com-

passes*) wirken. Zunächst muß man nun darnach streben, eine bestimmte Kenntniß von der Art, in welcher die Magnetnadel in den verschiedenen Stellungen des Schiffes gegen den Meridian gestört wird, zu erlangen. Jedes Schiff verhält sich in dieser Beziehung seiner Größe, Ladung und Armirung gemaß anders. Jedes mit einem corrigirten Compaß auszurüstende Schiff muß daher besonders geprüft werden. Barlow empfiehlt folgende Methode. Der für das Schiff bestimmte Compaß (ein Azimuthalcompaß) wird an einem Orte im Lande aufgestellt, von welchem man die später vom Schiffe auf dem Meere auszuführenden Bewegungen übersehen kann. Nachdem man mit Hülfe desselben den magnetischen Nordpunkt bestimmt hat, bringt man an die Stelle des Compasses einen Theodoliten, dessen Nullpunkt in den wahren magnetischen Norden gestellt wird. Der Compaß wird indeß an seine Stelle auf dem Schiffe gebracht. Das Schiff wird hierauf langsam um seine Axe gedreht, so daß es nach und nach alle mögliche Stellungen gegen den magnetischen Meridian einnimmt, und während dessen beobachtet man vom Schiffe aus mit Hülfe des Compasses die magnetischen Azimuthe des bei dem Theodoliten am Lande aufgestellten Beobachters, während dieser die Azimuthe des beim Compaß auf dem Schiffe aufgestellten Beobachters notirt. Diese Beobachtungen müssen genau gleichzeitig geschehen, deshalb werden sie durch Signale vom Schiffe aus regulirt. Bei jedem Signale zeichnet endlich noch ein dritter Beobachter die Richtung des Schiffes gegen die Weltgegenden auf. Durch diese Prüfung lernt man nun genau die Ablenkungen der Magnetnadel bei den verschiedenen Stellungen des Schiffes kennen. Da nämlich die beobachteten Positionen vom Schiffe und vom Beobachtungsplatze am Lande aus einander genau diametral entgegengesetzt sind, so müßten sie keine Differenz zeigen, wenn nicht eine locale Anziehung auf dem Schiffe gegen die Nadel des Compasses stattfände. Die stets zwischen je zwei gleichzeitigen Beobachtungen stattfindenden Differenzen geben also diese locale Anziehung, welche die Ablenkung bewirkt, in ihrer Mächtigkeit bei der eben vorhandenen Stellung des Schiffes an. Man erhält eine Tabelle wie die folgende, welche das Resultat der Beobachtungen gibt, welche die Capitaine Basil, Hall und Barlow an Bord des Schiffes Conway zu Portsmouth-Harbour am 24. Juli 1820 anstellten.

Neigung der Nadel 70° 3′.

Zahl der Beobachtungen.	Richtung des Vordertheils des Schiffes.	Positionsbestimmung vom Lande aus.	Positionsbestimmung vom Schiffe aus.	Differenz oder locale Anziehung.
1	S. i. O.	N. 97° 0′ O.	S. 95° 40′ W.	— 1° 20′
2	Süd.	96 0	94 3	— 1 57
3*	S. i. W.	95 20	92 57	— 2 23
4*	S. S. W.	95 10	92 19	— 2 51
5*	S. W. i. S.	94 8	91 0	— 3 8
6*	S. W.	94 2	90 47	— 3 15
7*	S. W. i. W.	93 35	90 15	— 3 20
8	W. S. W.	93 30	88 32	— 4 58

*) An Essay on magnetic attractions and on the laws of terrestrial and electro-magnetism, by Peter Barlow. Second edition. London 1823. Dazu ein Appendix. 1824.

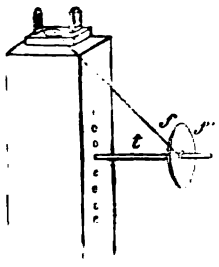
Neigung der Nadel 70° 3′.

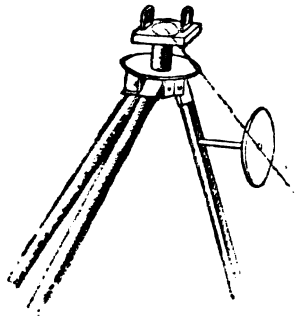
Zahl der Beobachtungen.	Richtung des Vordertheils des Schiffes.	Positionsbestimmung vom Lande aus.	Positionsbestimmung vom Schiffe aus.	Differenz oder locale Anziehung.
9*	W. i. S.	N. 92° 10′ O.	S. 87° 32′ W.	— 4° 38′
10	West.			
11	W. i. N.	88 0	84 25	— 3 35
12	W. N. W.	86 35	83 12	— 3 23
13	N. W. i. W.	85 20	82 27	— 2 53
14	N. W.	83 25	81 46	— 1 39
15*	N. W. i. N.	84 17	82 7	— 2 10
16*	N. N. W.	83 35	82 3	— 1 32
17	S. S. O.	97 0	97 15	+ 0 15
18	S. O. i. S.	95 50	96 22	+ 0 32
19	S. O.	94 10	95 16	+ 1 0
20	S. O. i. O.	93 20	94 24	+ 1 4
21	O. S. O.	91 0	92 30	+ 1 30
22	O. i. S.	89 30	91 52	+ 2 22
23	Ost.	87 50	91 15	+ 2 25
24	O. i. N.	85 0	89 5	+ 4 5
25	O. N. O.	83 20	86 34	+ 3 14
26	N. O. i. O.	82 10	85 31	+ 3 21
27	N. O.	82 15	84 58	+ 2 43
28	N. O. i. N.	83 0	85 13	+ 2 13
29	N. N. O.	85 50	88 4	+ 2 14
30	N. i. O.	84 40	85 47	+ 1 7
31*	Nord.	83 0	83 7	+ 0 7
32*	N. i. W.	82 28	81 38	+ 0 50

Anmerkung. Die mit einem Stern bezeichneten Beobachtungen wurden aus zwei oder mehreren Beobachtungen bei derselben Stellung des Schiffes abgeleitet, indem man aus der directen Beobachtungen die mittlere Proportionale nahm.

Um nun die Correction des Compasses, welche jene locale Anziehung auf den Schiffe aufheben soll, zu bewerkstelligen, bringt man den Schiffscompaß wiede ans Land und befestigt an ihm die von Barlow erfundene Correctionsscheibe. Dieselbe ist aus zwei dicken Scheiben von Eisen zusammengesetzt, welch auf einander geschraubt sind und zwar so, daß zwischen ihnen eine Scheibe von Holz liegt. Das Holz dient, die Dicke der Scheibe zu vermehren, ohne das Gewich derselben sehr zu vergrößern. Statt dieser Doppelscheibe kann man sich jedoch auc einer einfachen Eisenscheibe bedienen, wenn sie nur hinreichend dick ist. Nach Barlow genügt eine einfache Scheibe, wenn das Eisen so dick ist, daß ein Quadrat fuß desselben 6 Pfund wiegt, während er die Doppelscheibe für nöthig hält, wen das Eisen der Platte nur halb so stark ist. Diese Scheiben haben einen Durchmesser von 12 bis 13 Zoll und sind in ihrer Mitte durchbohrt. In diese Oeffnun ist eine kupferne Tille mit Hülfe zweier Schraubenmuttern befestigt, welche di

schraubenförmig gedrehten Enden der Tille beiderseits umfassen und angezogen die beiden Scheiben gegen die zwischenliegende Holzscheibe pressen. Um die Verbindung noch mehr zu befestigen, werden die Scheiben auch gegen den Rand zu noch durch mehrere eiserne Schrauben an einander geschraubt. Auf dem Lande wird der Schiffscompaß auf ein hölzernes Gestell gestellt, in welchem in verschiedenen Abständen von dem Compaß Löcher eingebohrt sind, in die man eine kupferne oder messingene Stange stecken kann, an deren äußeres Ende hernach die Correctionsscheibe mit der Tille aufgesteckt wird. Durch Versuche muß man nun diejenige Stellung der Scheibe ermitteln, in welcher sie, wenn man das Gestell mit dem Compaß allmälig herumbewegt, nahezu dieselben Ablenkungen der Magnetnadel aus der normalen Stellung bewirkt, welche man zuvor auf dem Schiffe als Folge der dort stattfindenden localen Anziehung beobachtete. Hat man diese Stellung der Correctionsscheibe gefunden, so bestimmt man sorgfältig die Entfernung der Scheibe von der durch den Unterstützungspunkt der Magnetnadel gehenden lothrechten Linie und ihren verticalen Abstand von der Windrose (oder Gradtheilung) des Compasses. Hierdurch wird man in den Stand gesetzt, die Correctionsscheibe endlich auf dem Schiffe ganz in derselben Weise und in derselben Stellung gegen die Compaßnadel an dem Gestelle des Compasses zu befestigen.





Die Wirkung der Correctionsscheibe ist, daß sie die Ablenkung der Magnetnadel verdoppelt und eben dadurch den Seemann in den Stand setzt, durch eine kurze Rechnung die richtige Angabe der Magnetnadel zu finden. Das hierbei nöthige Verfahren beschreibt Barlow folgendermaßen: Wenn man aus einer Bestimmung des Azimuths oder der Morgen- oder Abendweite der Sonne oder eines anderen Himmelskörpers die (magnetische) Abweichung bestimmen will, so beginnt man damit, daß man die Beobachtungen auf die übliche Weise anstellt, und unmittelbar darauf wiederholt man sie mit Anziehung der an ihren Ort gebrachten Correctionsscheibe. Die Differenz der beiden so gefundenen Positionen giebt die locale Anziehung. Z. B. gesetzt das Mittel der ersten Reihe von Beobachtungen gebe die Position 67°, das der zweiten mit der Correctionsplatte 70° 30′, so ist 70° 30′ — 67° = 3° 30′ die locale Anziehung. Hieraus folgt, daß 67° — 3° 30′ = 63° 30′ die richtige Bestimmung des Azimuths ist. Oder wenn die Morgenweite nach gewöhnlicher Beobachtung 13° 30′, die mit der Correctionsscheibe gefundene nur 10° 30′ beträgt, so ist die locale Anziehung 13° 30′ — 10° 30′ = 3°, folglich 13° 30′ + 3° = 16° 30′ die wahre Morgenweite. Wenn die erste Position eines beobachteten Gegenstandes durch Hinzuziehung der Correctionsscheibe verkleinert wird, so muß die Differenz (die locale Anziehung) addirt werden; wenn der zuerst gefundene Winkel durch Anziehung der Correctionsscheibe vergrößert wird, so muß die Differenz subtrahirt werden.

Anſtatt die Correctionsſcheibe ſo anzubringen, daß ſie die Ablenkung verdoppelt und dadurch berechenbar macht, kann man ſie auch ſo applicíren, daß ſie der Wirkung des Schiffseiſens entgegenwirkt und alſo die Stellung der Magnetnadel an dieſer ſelbſt berichtigt. Dieſes Verfahren iſt bequemer, das erſtere genauer.

Mit Hülfe der Correctionsplatte läßt ſich der ſchädliche Einfluß der localen Anziehung auf dem Schiffe nicht völlig aufheben, ſondern nur verringern und zwar ſo ſehr, daß er in den mittleren Breiten als unwirkſam betrachtet werden kann. Dagegen wird er in den Polargegenden wieder bedeutender in demſelben Grade, in welchem die Neigung der Magnetnadel zunimmt. Denn da die horizontal richtende Kraft des Erdmagnetismus hier ſchwächer wird, ſo nimmt der Einfluß der localen Attraction wieder zu, und es kann auch der durch die Correctionsplatte noch nicht überwundene Reſt localer Attraction bedeutende Ablenkungen der Magnetnadel bewirken. Wäre es möglich, die Correctionsplatte ſo anzubringen, daß ihre Wirkung ganz genau mit der localen Anziehung auf dem Schiffe übereinſtimmte, (was ſchon deswegen nicht möglich iſt, weil ein Theil des Schiffseiſens keine abſolut feſte Stelle am und im Schiffe hat und weil ſich der magnetiſche Zuſtand des Schiffseiſens verändert), ſo müßte übrigens die Platte unter allen Himmelsſtrichen gleich wirkſam ſein, da der (veränderliche) Einfluß des Erdmagnetismus auf ſie ſtets derſelbe iſt, wie auf das Schiffseiſen. Zur Vermeidung der hieraus fließenden Irrthümer hat man eine eigene Einrichtung des Schiffscompaſſes vorgeſchlagen. (S. Compaß.)

Bei dem Verfahren, welches Barlow vorſchlägt, iſt überſehen, daß das unter dem Einfluſſe des Erdmagnetismus magnetiſirte Schiffseiſen nicht nur auf die Compaßnadel, ſondern auch auf die Correctionsſcheibe ſeinen Einfluß ausübt, daß daher dieſe, welche auf dem Lande an den Compaß angepaßt wurde, auf dem Schiffe eine andere Wirkung auf die Magnetnadel ausüben muß; als auf dem Lande der Fall war. Der Irrthum, der hieraus entſteht, iſt, wie auch die Erfahrung bereits beſtätigt hat, gering in mittleren, aber bedeutend in höheren Breiten. Daher hat Poiſſon 1840 in einer eben ſo gelehrten als gründlichen Abhandlung mit Hülfe der Rechnung direct zu beſtimmen geſucht, welches die wahre Neigung und Abweichung der Magnetnadel an jedem Orte der Erde nach den Beobachtungen der Magnetnadel an Bord eines Schiffes unter dem Einfluß des Schiffseiſens ſei.

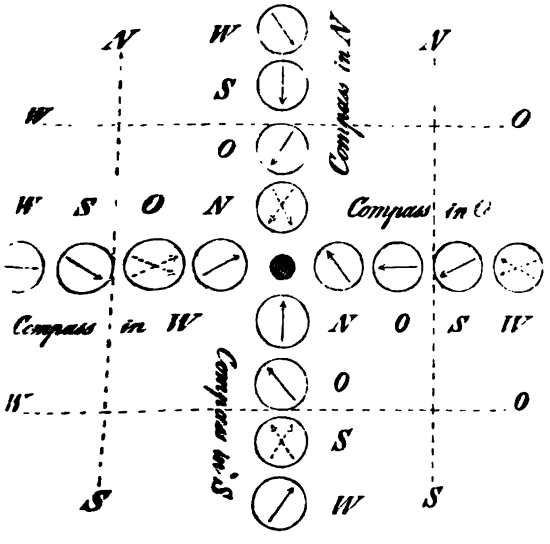
Aus Poiſſon's Unterſuchung geht hervor: daß es möglich iſt, den Einfluß, welchen die auf einem Schiffe vertheilten Eiſenmaſſen auf die Nadel der Buſſole ausüben, wie ſie auch rings um dieſelbe vertheilt ſein mögen, durch eine einzige Maſſe deſſelben Metalls zu erſetzen, welche dieſelbe Wirkung hervorbringt, wie alle jene Eiſenmaſſen, und zwar bei jeder beliebigen Stellung des Schiffes gegen den Meridian.

Auch Horner hat über dieſen für die Schifffahrt wie für die Wiſſenſchaft (der Geographie und der Lehre vom Erdmagnetismus, welche auf den Angaben der Seefahrer beruhen) höchſt wichtigen Gegenſtand eine Unterſuchung *) angeſtellt, aus welcher ich das Weſentliche noch mittheilen will.

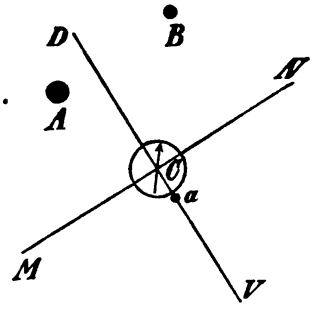
Von den auf dem Schiffe vertheilten Eiſenmaſſen kommt vorzugsweiſe die eiſerne Spindel der Ankerwinde (Cabeſtan) in Betracht, als die einzige größere

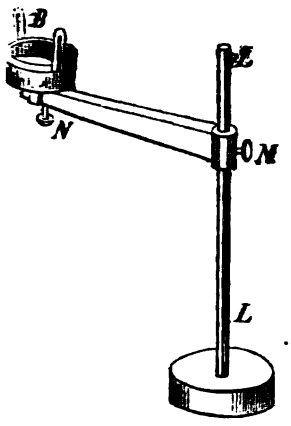
*) Gehler, N. A. Bd. VI., 2. S. 954 ff.

Eisenmasse, welche in der Mitte des Verdeckes unfern von der Nadel des Compasses steht. Sie besteht aus geschmiedetem Eisen (welches nach Barlow eine doppelt so große magnetische Leitungsfähigkeit hat als Gußeisen), steht vertical und ist daher vorzugsweise fähig, einen sehr hervortretenden terrestrischen Magnetismus aufzunehmen; ihr oberes Ende steht mit der Magnetnadel des Schiffscompasses fast in gleicher Höhe über dem Boden. Alle übrigen Eisenmassen des Schiffes sind theils zu fern von der Nadel des Compasses, theils liegen sie horizontal und werden daher nicht von der Erde selbst in Magnete verwandelt, theils bestehen sie aus dem mit geringerer Leitungsfähigkeit begabten Gußeisen. Horner beruft sich auf einige von Barlow angestellte Versuche, um den vorzugsweisen Einfluß der Spindel des Gabestans darzuthun. Die Anbringung eines neuen Gabestans mit einer längeren Spindel (von 11 Fuß Länge und 5 Zoll mittlerer Dicke) bewirkte eine merkliche Vergrößerung der Ablenkung der Magnetnadel. Das obere Ende der erwähnten Spindel hat auf der nördlichen Hälfte der Erde stets eine merkliche Südpolarität. Von dieser wird das Nordende der nahen Compaßnadel immerfort angezogen, und es kommt nur auf die gegenseitige Lage dieser beiden Stücke und auf die Richtung der sie verbindenden Linie in Beziehung auf die Weltgegenden an, um die Ablenkung der Magnetnadel zu bestimmen. Das erstere ist als eine constante, das letztere als eine veränderliche Richtung anzusehen, die von den Drehungen des Schiffes abhängt. Wir wollen der Einfachheit wegen nur vier Lagen annehmen, welche die Bussole gegen die Axe des Gabestans haben kann. Sie kann nämlich (wenn das Schiff nach Norden gerichtet ist) im Norden, Süden, Osten oder Westen von jener stehen. Je nach der Drehung des Schiffs wird dann die Nadel eine mehr oder weniger starke Ablenkung von der Nordrichtung erleiden. Die Zeichnung stellt die Richtungen der Nadel unter vier verschiedenen Stellungen des Compasses auf dem Verdecke dar, wenn das Schiff successiv nach Nord, Ost, Süd oder West gerichtet wird. Die Buchstaben N, O, S, W bezeichnen jedesmal die Weltgegend, nach welcher hin das Schiff gerichtet ist, und dabei die Richtung der Nadel, wobei auf dem Papier, wie gewöhnlich, Nord oben, Süd unten, Ost zur Rechten und West zur Linken genommen wird. In der Mitte der Figur steht der Gabestan; die Pfeilspitze bezeichnet das Nordende der Nadel. Da, wo die Richtung nur durch



eine punktirte Linie dargeſtellt iſt, bleibt es ungewiß, ob die Pfeilſpitze gegen die Eiſenſtange oder von ihr abgekehrt ſei; es hängt dieſes davon ab, ob die Nadel mehr vom terreſtriſchen Magnetismus oder von der Polarität der Stange afficirt werde. Geſetzt der Compaß ſtehe genau im Süden der Eiſenſtange, ſo wird er, wenn das Schiff nach Norden gerichtet iſt, keine Störung erleiden, eben ſo wird er auch bei ſüdlicher Richtung deſſelben im Meridiane ſich erhalten, wobei es jedoch auf ſeine Entfernung von der Stange ankommt, ob er ſüdlich oder nördlich weiſen wird. Die ſtärkſte Ablenkung erleidet er, wenn das Schiff in Oſt oder Weſt liegt, weil dann die Wirkung rechtwinklig auf den Meridian ſtattfindet. Steht der Compaß oſtwärts von der Stange, ſo iſt ſeine Ablenkung am größten, wenn das Schiff in Nord und Süd liegt, bei öſtlicher und weſtlicher Richtung deſſelben wird er im Meridiane verbleiben. Ein ähnlicher Gang der Erſcheinungen findet ſtatt, wenn er weſtlich von der Eiſenmaſſe aufgeſtellt iſt; bei ſüdlicher und nördlicher Richtung findet das Maximum der Ablenkung ſtatt. Steht er hingegen im Norden des Cabeſtans, ſo tritt dieſes nur bei öſtlicher und weſtlicher Richtung des Schiffes ein. Man ſieht, daß die Richtung des Schiffes, in welcher die Ablenkung am größten iſt, zu beiden Seiten nahe einen rechten Winkel mit der Linie bildet, welche das Centrum der magnetiſchen Anziehung, ſei es nun jene Axe des Cabeſtans allein oder ein Zuſammenwirken mehrerer zerſtreuter Eiſenmaſſen, mit der Mitte des Compaſſes verbindet. Geſetzt man habe, wenn das Schiff den einen und den andern Weg in der Richtung M N machte, die größten Fehler des Compaſſes erhalten, ſo bezeichnet D V die Linie, auf welcher irgendwo das Centrum der ſtörenden Anziehung ſich befindet; ſie nimmt zwiſchen den Eiſenmaſſen A und B eine Lage an, wo ihre auf die Nadel wirkenden Kräfte im Gleichgewichte ſind, was von ihrem Abſtande von der Buſſole, ihrer Größe, aufrechten Stellung und metalliſchen Beſchaffenheit abhängt; das erſte dieſer Beſtimmungsſtücke iſt hierbei das wichtigſte, da die Wirkung den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional iſt. Es iſt nun auch offenbar, daß, wenn man irgendwo auf der Verlängerung von D C auf der anderen Seite des Compaſſes C eine Eiſenmaſſe anbrächte, dieſe die Nadel bei jeder Stellung des Schiffes nach einer entgegengeſetzten Seite ablenken würde. Benutzt man hierzu den Vortheil, welchen die eben erwähnte Anziehung nach den Quadraten der Entfernung darbietet, ſo kann man auch mit einer ſehr kleinen Eiſenmaſſe a die nämlichen Wirkungen hervorbringen, wenn ſie dem Compaſſe C deſto näher gebracht wird. Hierauf beruht die Möglichkeit einer Compenſation der magnetiſchen Ablenkung. In der Regel möchte eine verticale Eiſenſtange, die gleichſam das Diminutivum von der Spindel des Cabeſtans wäre, dieſem Zwecke vollkommen entſprechen. Ein ſtarker Flintenlauf L L, auf einem tüchtigen Klotze befeſtigt oder in das Verdeck des Schiffes eingeſchraubt, würde auf einem Seitenarme M N die um einen Zapfen drehbare Buſſole B tragen. Die





Erhöhung des Armes an der Stange und die Verschiebung der Bussole auf demselben würden hinreichenden Spielraum für die Modificirung der corrigirenden Wirkung darbieten und man hätte alle Bequemlichkeit, durch Drehung des Hebelarmes M N die Bussole mit dem magnetischen Centrum der Anziehung des Schiffseisens und der gegenwirkenden Eisenstange in eine gerade Linie zu bringen.

Literatur: Sabine, on irregularities in the direction of the compass needles, caused by the attraction of the iron in ships. Phil. Transact. 1819. p. 112.

Barlow, on magnetic attractions and on the laws of terrestrial and electro-magnetism. London 1823. Dazu ein Anhang. 1824. Vergl. die Abhandlungen von Krusenstern und Parrot in den Naturwissenschaftlichen Abhandlungen aus Dorpat. Berlin 1823. Bd. I.

Barlow, on the errors of the course of vessels occasioned by local attraction. Ph. Tr. 1831. p. 215.

Barlow, Methode die locale Variation der Bussole zu corrigiren. Schweigger Journ. Bd. 42. S. 18. Gilb. Ann. Bd. 73. S. 1.

Poisson, mémoire sur les déviations de la boussole produites par le fer des vaisseaux. Ann. de Ch. et de Ph. 69. p. 5. Vergl. Connaissance des temps pour 1840; Relation du Voyage en Islande et au Groenland, sur la corvette La Recherche. T. I., 2. partie, und Becquerel traité de l'El. et du Magn. T. VI, 2. p. 142.

Airy, account of experiments on iron built ships, instituted for the purpose of discovering a correction for the deviation of the compass produced by the iron of the ship. Ph. Tr. 1839. p. 167.

Abnehmen, s. Abgießen.

Abplattung ist bei einem Körper, den man sich als durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden denken kann, die durch die halbe große Axe dieses (Ellipsoid genannten) Körpers dividirte Differenz der halben großen und halben kleinen Axe, oder das Verhältniß der Differenz der großen und kleinen Axe zur großen Axe. Wenn a die halbe große und b die halbe kleine Axe bezeichnet, so wird demnach der Bruch $\frac{a-b}{a}$ die Abplattung ausdrücken. In der Astronomie spricht man von der Abplattung der Erde *) und der Planeten, so daß

*) Der größere Durchmesser der Erde (der Durchmesser ihres Aequators) beträgt z. B. 6543908 Toisen, ihr kleinerer Durchmesser (die Axe, um welche sie sich dreht) 6522146 Toisen. Hiernach ist $\frac{a-b}{a} = \frac{2a-2b}{2a} = \frac{6543908-6522146}{6543908} = \frac{21762}{6543908}$ = ungefähr $\frac{1}{300}$. Daher sagt man, die Abplattung der Erde sei $\frac{1}{300}$.

man von ihnen ſagt, ſie haben eine Abweichung von der Kugelgeſtalt, welche Ab
weichung in Bezug auf den Erdkörper ſchon Newton aus theoretiſchen Gründe
erkannte. Die natürliche Urſache nämlich, welche den Weltkörpern bei ihrer Ent
ſtehung diejenige kugelähnliche Form verliehen hat, die man mittelſt ſtark ver
größernder Fernröhre an ihnen bemerkt, iſt offenbar die Schwere aller ihre
materiellen Theile. Die Schwere muß, ſobald ein Weltkörper ſich in einer
gewiſſen Flüſſigkeits- und Miſchungszuſtande befunden, jedes ſeiner materielle
Elemente im Verhältniß ſeiner eigenthümlichen Beſchaffenheit in ſtets gleicher
Grade nach einem gemeinſamen Mittelpunkte hindrängen. Auf dieſe Weiſe un
wegen des Gleichgewichtes und der Gleichförmigkeit wird alſo die Schwere der Ge
ſammtheit aller unter und gegen einander ſollicitirenden Theile die genaue Kugel
form nothwendig gegeben haben, freilich nur unter der Vorausſetzung, da
keine andere, fremdartige Kraft ſtörend in ein ſolches wechſelſeitiges Streben na
Erreichung eines angemeſſenen Aggregatzuſtandes eingreift. Weil aber, wie d
Aſtronomie nachweiſt, die Erde und die Planeten rotiren, d. h. ſich um eine A
herumdrehen, ſo entſteht, da dieſe rotirende Bewegung um eine beſtimmte Dr
hungsaxe gleichförmig ſtattfindet, für jeden Punkt der Oberfläche des kugelförmige
Weltkörpers, als welchen wir hier beiſpielsweiſe die Erde annehmen wollen, offen
bar das, was man Schwung nennt, der deſto ſtärker ausfallen muß, je ſchnell
überhaupt die Rotation der Erde iſt und je weiter jeder betreffende Punkt des Er
körpers von deſſen Rotationsaxe abliegt. Es muß daher dieſer Schwung de
erwähnten Streben der materiellen Theile zum Mittelpunkte ihrer Vereinigun
d. h. alſo ihrer Schwere entgegenwirken und die von derſelben abhängende Kuge
geſtalt der Erde mehr oder weniger afficiren. Wenn φ, φ' die geographiſche
Breiten irgend zweier Parallelkreiſe der Erdoberfläche, und f, f' die daſelbſt reſ
wirkenden Fliehkräfte bezeichnen, ſo iſt, wie die Mechanik (man ſehe z. B. Pois
son traité de méc. T. I. No. 259) lehrt: $f : f' = \cos\varphi : \cos\varphi'$, d. h. d
Fliehkräfte in verſchiedenen Parallelkreiſen verhalten ſich w
die Coſinus der Breiten dieſer Parallelkreiſe. Unter dem Aequ
tor iſt daher der Schwung am größten, unter den Parallelkreiſen aber deſto kleine
je kleiner die Parallelkreiſe ſelbſt werden, bis unter den Polen ſelbſt der Schwu
ganz wegfällt. Dies Alles zeigt die angegebene Formel. Unter dem Aequator
überdies die Schwungkraft der Schwere gerade entgegengeſetzt, unter den Paralle
kreiſen bloß in einer immer ſchiefer werdenden Richtung, bis endlich unter d
Polen ſelbſt die Schwere ganz allein wirkt. Indem alſo dieſe Modificationswe
der Wirkungen der Schwere und der Schwungkraft mit dem urſprünglichen Zuſtan
der Erde noch vor der Sonderung und Erhärtung ihrer verſchiedenen Beſtandthe
zugleich ſtattfand, mußte hierdurch ein ſtärkeres Einſinken der Polargegenden u
ein gegentheiliges gürtelähnliches Auftreiben der Aequatorealgegenden die offenb
Folge ſein. So ward denn der Polardurchmeſſer oder die Rotationsaxe kür
als der Aequatorealdurchmeſſer, wie man es auch an einer auf einen Stab geſte
ten und damit ſchnell umgeſchwungenen (noch weichen) Thonkugel ſehr deutlich vera
ſchaulichen kann. (Vergl. Centrifugalmaſchine.) Die Erde (und eben
auch jeder Planet) muß folglich ſphäroidiſch geformt ſein, d. i. die Geſtalt ei
eingedrückten oder abgeplatteten Kugel haben. — Wie man die Größe der Abpl
tung der Erde und der Planeten beſtimmen kann, wird in den Artikeln Erde u
Planeten gezeigt. J.

Abſolut (v. d. lat. absolvere, ablöſen) bezeichnet im Allgemeinen ſo viel wie „unabhängig“ oder „an und für ſich betrachtet“, im Gegenſatze zu relativ (v. d. lat. referre, beziehen) d. i. „in Beziehung auf ein Anderes betrachtet“, oder ſpecifiſch (v. d. lat. species, Art) d. i. „in Bezug auf eigenthümliche Eigenſchaft betrachtet.“ So ſpricht man von abſoluter, relativer, ſpecifiſcher Schwere, Kraft ꝛc. Häufig bedeutet das Wort abſolut nur ſo viel als „vollkommen“, „durchaus“, z. B. wenn man von abſoluter Genauigkeit ſpricht, oder ſo viel als „unvermiſcht“, „rein“, z. B. wenn man den vollkommen von allen Beimiſchungen (namentlich von Waſſer) befreiten Weingeiſt abſoluten Alkohol nennt.

Abſorption, Verſchluckung (v. d. lat. absorbere, verſchlucken, einſchlürfen), iſt die Eigenſchaft feſter und flüſſiger Körper, Stoffe, die in einem loſeren Aggregatzuſtande ſich befinden, in ſich aufzunehmen, ohne jedoch mit ihnen eine chemiſche Verbindung einzugehen. Der gewöhnliche Sprachgebrauch dehnt dieſe Benennung auch auf ſolche Fälle aus, wo offenbar chemiſche Verwandtſchaften thätig ſind; ſo ſpricht man von einer Abſorption der Kohlenſäure durch Kali und Kalk, des Ammoniaks durch Säuren, des Chlors durch Metalle ꝛc. Es iſt nicht immer leicht, die Grenze zwiſchen einer chemiſchen und einer nicht chemiſchen Verbindung mit Genauigkeit feſtzuſtellen. Temperatur und Luftdruck ſind freilich, wie wir ſehen werden, von dem größten Einfluß auf die durch Abſorption bewirkten Erſcheinungen, aber nicht immer iſt die Erforſchung dieſes Einfluſſes zur Erkennung ſogenannter mechaniſcher Verbindungen und zur Unterſcheidung derſelben von durch chemiſche Thätigkeit bewirkten Abſorptionen anwendbar; denn es giebt wirklich chemiſche Verbindungen, deren Beſtandtheile zu einander eine ſo ſchwache Verwandtſchaft beſitzen, daß ſie ſchon durch eine geringe Veränderung des Luftdrucks und beſonders der Temperatur aus einander fallen. Das doppeltkohlenſaure Kali z. B., wenn man es in Waſſer gelöſt unter der Luftpumpe einem geringen Drucke ausſetzt oder in der freien Luft zum Sieden bringt, verliert ſogleich unter Aufbrauſen einen Theil der Kohlenſäure, ſo daß, nach H. Roſe, ein Sesquicarbonat in der Löſung zurückbleibt; auch auf die Bildung der Verbindung des Phosphors mit Sauerſtoff zeigen ſich Temperatur und Luftdruck von Einfluß, indem unter gewöhnlichem Barometerſtande die Vereinigung bei 24° bis 28° C. ſtattfindet, bei noch geringerem Drucke aber oder wenn, wie in der atmoſphäriſchen Luft, der Sauerſtoff mit ſeinem 5fachen Volumen an Stickſtoffgas gemengt iſt, ſchon bei 7° C. In dieſen Fällen iſt aber das Endreſultat immer eine nach beſtimmten Verhältniſſen zuſammengeſetzte chemiſche Verbindung und durch die Abänderung der Temperatur und des Luftdruckes kann man hier nicht, wie es bei der rein mechaniſchen Abſorption der Gaſe der Fall iſt, die Menge des abſorbirten Körpers in ein beliebiges Verhältniß zu der des abſorbirenden bringen. Auf der anderen Seite giebt es aber Erſcheinungen, welche in den Kreis der hier zu betrachtenden zu gehören ſcheinen, und von denen doch nicht leicht nachzuweiſen iſt, daß die Wirkungen der chemiſchen Verwandtſchaft bei ihnen völlig ausgeſchloſſen ſind, da der entſtandene Körper zuweilen den Charakter einer ſchwachen chemiſchen Verbindung annimmt; wir erinnern hier nur an die Abſorption des Ammoniaks und des Chlorwaſſerſtoffgaſes durch Waſſer. Die allmälige Sättigung des Waſſers mit dieſen Gaſen, ohne daß, wie bei chemiſchen Verbindungen, beſtimmte Abſchnitte zu bemerken wären, ſcheint gegen die Thätigkeit einer chemiſchen Verwandtſchaft bei dieſen Erſcheinungen zu ſprechen; die hierbei auftretende Wärmeentwickelung könnte man

dagegen als Beweis anführen, daß eine chemische Verbindung sich bilde, wenn nicht eine solche Wärmeentwicklung auch bei andern unbezweifelt mechanischen Erscheinungen, z. B. bei der Absorption des Ammoniakgases durch die Kohle, beobachtet worden wäre.

Wir werden hier nur die Absorption gasförmiger Stoffe durch feste und flüssige Körper abhandeln und bemerken, daß von der Eigenschaft starrer poröser Körper, Flüssigkeiten in sich aufzunehmen und Feuchtigkeit anzuziehen, ohne ihren Zustand der Festigkeit zu verlieren, in den Artikeln Haarröhrchenwirkung und Hygrometer die Rede sein wird.

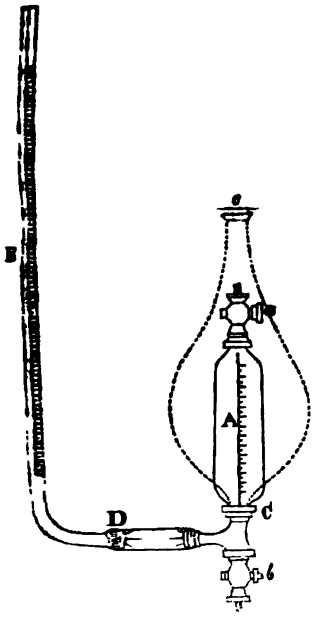
Von allen Körpern, welche die Eigenschaft der Absorption von Gasen und Dämpfen in einem ausgezeichneten Grade besitzen, sind die Kohle und das Wasser am häufigsten und ausführlichsten untersucht worden und wir können hier bei der Betrachtung des Absorptionsvermögens der flüssigen Körper vom Wasser, der starren von der Kohle ausgehen, indem das Verhalten der andern bisher untersuchten Stoffe mit wenigen Worten nachträglich mitzutheilen sein wird.

I. Absorption der Gase durch Flüssigkeiten.

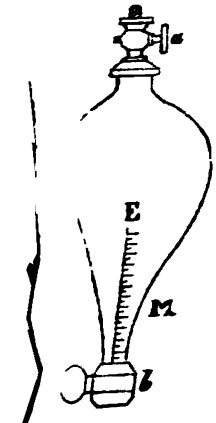
Die Fähigkeit des Wassers, Luft in sich aufzunehmen und zurückzuhalten, bemerkten schon Boyle, Huyghens und Mairan, daß aber diese Luft ihrer quantitativen Zusammensetzung nach von der atmosphärischen Luft verschieden und sauerstoffreicher als diese sei, blieb Priestley zu entdecken vorbehalten. Derselbe fand, fast gleichzeitig mit Cavendish*), daß die Kohlensäure in bedeutender Menge von reinem Wasser absorbirt werde, und machte ebenfalls, wie es scheint zuerst, aufmerksam darauf, daß der Druck der Atmosphäre nicht wenig zur Festhaltung der in dem Wasser aufgelösten Kohlensäure beitrage. „Denn", sagt Priestley**), „bringt man das Pyrmonter Wasser unter die Luftpumpe, so wird es sogleich, wegen der großen Menge Luft, die aus ihm entbunden wird, aufzuwallen anfangen; dies ist die Ursache, warum Bier im luftleeren Raume so stark schäumt; daher ich auch nicht im mindesten zweifle, daß man vermöge eines Luftdruckwerks dem Wasser die Kraft des Pyrmonter Brunnens in weit höherem Grade mittheilen könne." Die Methode Priestley's zur Untersuchung des Absorptionsvermögens des Wassers in Bezug auf Gasarten bestand einfach darin, daß er die letzteren in einen mit Wasser angefüllten Cylinder leitete und mit demselben stark schüttelte. Hassenfratz machte später die Mittheilung, daß er in der im Regenwasser enthaltenen Luft 0,4 Sauerstoff gefunden habe, und Fourcroy bemerkte, ohne jedoch von der Richtigkeit seiner Angabe vollkommen überzeugt zu sein, daß mit Sauerstoffgas geschwängertes Wasser Wasserstoffgas absorbire, während das gewöhnliche reine Wasser ganz indifferent gegen das letztere Gas sich verhalte (s. weiter unten).

Henry beschäftigte sich zuerst ausführlich mit der Absorption von Gasarten durch reines Wasser, unter verschiedenem Luftdruck und bei verschiedener Temperatur***). Zur Bestimmung des absorbirten Gases, wenn dasselbe in reichlicher Menge verschluckt wurde, bediente er sich des folgenden Apparates:

*) Phil. Transact. Vol. 56.
**) Versuche und Beobachtungen Bd. I. S. 32.
***) Phil. Transact. for 1803. P. I. u. Gilb. Ann. Bd. XX. S. 147.



Das Gefäß A iſt aus Glas, 2 Z. weit und $4^1/_2$ Z. lang und nach Viertel-Cubikzollen eingetheilt, oben mit einer Meſſingkappe verſehen, in welche der Hahn a eingeſchroben iſt; mit dem untern Ende iſt das Gefäß auf einer kupfernen Röhre aufgekittet, welche in b einen Hahn hat und von welcher unter einem rechten Winkel ein Schenkel ausgeht. Die ebenfalls unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre B iſt oben offen, ungefähr $^1/_4$ Z. weit und von einem gegebenen Punkte ab in Hundertel-Cubikzoll eingetheilt. Eine Röhre D aus waſſerdicht ſchließendem Zeuge (Indian rubber), über welcher ſich eine Hülle von Leder befindet, verbindet dieſe Glasröhre mit der kupfernen Röhre und erlaubt, das Gefäß A ſchnell hin und her zu bewegen. Bei dem Gebrauche füllt man zuerſt den ganzen Apparat mit Queckſilber, ſchraubt dann auf den obern Hahn eine mit einem Hahn verſehene Flaſche mit Kautſchuk auf, welche Waſſer von einer gegebenen Temperatur enthält, und öffnet den Hahn, wodurch eine freie Verbindung der Flaſche mit dem Glasgefäße bewirkt wird; öffnet man nun auch den untern Hahn b, ſo läuft durch dieſen das Queckſilber aus dem Apparat und ſtatt deſſelben tritt Waſſer hinein, deſſen Menge ſich vermittelſt der an A angebrachten Scale meſſen läßt. Man nimmt darauf die Flaſche weg und ſchraubt ſtatt ihrer eine andere auf, welche Gas enthält, und läßt davon auf dieſelbe Art eine abgemeſſene Menge hineintreten. Alsdann ſchüttelt man ſtark und gießt, wenn das Gas im Gefäße A abſorbirt wird, in die Röhre B Queckſilber nach, bis dieſes zu Ende des Verſuches wieder in einerlei Niveau mit dem Queckſilber im Abſorptionsgefäße A ſteht. Standen beide Queckſilberflächen auch zu Anfang des Verſuchs im Niveau, ſo mißt das Volumen des in der Röhre B hineingegoſſenen Queckſilbers das Volumen des abſorbirten Gaſes.



Bei Gasarten, die in nur geringer Menge abſorbirt werden, wendete Henry einen einfacheren Apparat an. Das Glasgefäß E faßt $57^1/_2$ Cubikzoll, hat unten einen eingeſchliffenen Glasſtöpſel b und oben ein meſſingenes mit einer Schraube verſehenes Hahnſtück a. Man füllt das Glas mit gut ausgekochtem Waſſer, öffnet den Hahn und bringt das Inſtrument unter den Recipienten einer Luftpumpe, wo man es ſo lange im luftleeren Raume läßt, als beim Pumpen noch Blaſen aus dem Waſſer aufſteigen. Dann läßt man aus einer Kautſchukflaſche oben durch den Hahn das Gas hineinſteigen, indem man durch den untern Hahn b eine genau zu meſſende Menge Waſſer ausſtrömen läßt. Darauf ſchüttelt man tüchtig, hält das Gefäß in Queckſilber und öffnet den Hahn, durch welchen nun Queckſilber in das Gefäß eintritt. Bringt man nun die innere und äußere Queckſilberfläche ins Niveau, ſo giebt das

Volumen des ins Glasgefäß hineingetretenen Queckſilbers das Volumen de absorbirten Gaſes. Um dem Vorwurf zu begegnen, daß während des Hinein gießens das Waſſer wieder etwas Luft verſchluckt haben könne, nahm Henry fei ner große Kugeln aus ſehr dünnem Glaſe, mit einem langen graduirten Halſe füllte ſie mit kochendem Waſſer und kehrte ſie ſogleich in Queckſilber um, welche nach dem Erkalten in den Hals des Gefäßes geſtiegen war; dieſes wurde nun dur eine beſtimmte Gasmenge zum größten Theil verdrängt und durch das Wiede aufſteigen des Queckſilbers im Halſe die Größe der Abſorption gemeſſen. — Da zu den Verſuchen verwendete Waſſer war ſtets mehrere Stunden lang vorher i einem zinnernen Gefäße mit enger Oeffnung ausgekocht worden. Die Temperatu des Gefäßes und ſeines Inhaltes wurde durch die des Zimmers regulirt, auß wenn der Verſuch bei einer Temperatur von mehr als + 29°, 44 C. vorgenom men wurde. Der während der Dauer des Verſuches (bei den ſchwieriger abſo birbaren Gasarten wurde 12 bis 24 Stunden lang in Abſätzen geſchüttelt, wob das Anfaſſen des Gefäßes mit der warmen Hand ſorgfältig vermieden wurde) etw veränderte Barometerſtand wurde berückſichtigt, und wenn der unabſorbirt gebli bene Theil des Gaſes eine fremdartige Beimengung zeigte, das Reſultat des Ver ſuches hiernach corrigirt.

Dalton verfuhr auf einfachere, aber auch minder genaue Weiſe, indem ſich zur Abſorption der Gaſe durch Waſſer nur einer Flaſche oder einer graduirte Röhre bediente, die er mit dem Finger ſchließen konnte; nach dem Schüttel wurde ſie unter dem Waſſer geöffnet und dieſe Operation ſo lange wiederholt, al noch etwas abſorbirt wurde *).

Bei allen Gasarten, von denen 1 Maß Waſſer mehr als $^1/_7$ Maß au nimmt, wandte Sauſſure **) die folgende Methode an. Er leitete ſie übe Queckſilber in eine Röhre von 4 Centimeter ($1^1/_2$ Par. Z.) innerem Durchmeſſe ließ dann von der Flüſſigkeit, durch die ſie abſorbirt werden ſollte, eine 5 bis Centimeter hohe Säule hinzutreten, beförderte das Durchdringen durch Schütte und beſtimmte die Abſorption erſt, nachdem Gas und Flüſſigkeit mehrere Ta lang mit einander in Berührung geweſen waren. — Minder verſchluckbare Ga arten füllte er in eine Flaſche M von 250 Cubikcentimeter Inhalt, deren Gewi im leeren und mit Waſſer gefüllten Zuſtande genau beſtimmt war, erhielt di $1^1/_2$ Stunde lang umgekehrt unter dem Waſſer der Wanne, um ihr deſſen Te peratur zu ertheilen, und verſchloß ſie dann an der Oberfläche des Waſſers mit ein luftdicht paſſenden gläſernen Stöpſel; hierauf ließ er aus dieſer Flaſche M ungefä $^1/_6$ des Gaſes unter Queckſilber in einen mit Queckſilber gefüllten Recipien ſteigen, welches $^1/_6$ er hierauf über der Waſſerwanne in eine mit Waſſer gefül Flaſche N leitete, deren Abwägung (im ganz mit Waſſer gefüllten Zuſtande) u und (im zum Theil gashaltenden Zuſtande) nach der Einfüllung des Gaſes i Umfang des letztern (im Waſſergewicht) zu erkennen gab. Hierauf leitete er üb Queckſilber in die Flaſche M ſoviel ausgekochtes Waſſer, daß alles Queckſilb welches die Stelle des herausgelaſſenen Gaſes vertreten hatte, wieder heraus trieben wurde. Wurde nun die Flaſche M an der Oberfläche des Queckſilb verſchloſſen und gewogen, ſo ergab ſich der Umfang des hineingetriebenen Waſſe

*) Gilbert Ann. Bd. XXVIII. S. 399.
**) Gilbert Ann. Bd. XLVII. S. 166 ff.

Die Flasche M, in einer Zange gehalten, wurde $^1/_4$ Stunde lang heftig geschüttelt, dann durch längeres Eintauchen in die Wasserwanne auf die ursprüngliche Temperatur gebracht, dann in umgekehrter Lage (bei gleichem Niveau des Wassers in der Flasche und in der Wanne) geöffnet und wieder verschlossen. Hierbei war so viel Wasser in dieselbe getreten, als Gas absorbirt worden war, und der Unterschied zwischen dem Gewichte der Flasche M vor und nach dem Oeffnen unter dem Wasser gab den Umfang des absorbirten Gases in Wassergewicht zu erkennen.

Nachdem wir die Methoden und Apparate kennen gelernt haben, mit deren Hülfe Henry, Dalton und Saussure die Absorptionsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten untersucht und bestimmt haben, wollen wir jetzt die Versuche selbst und deren Resultate betrachten, sowie die Umstände näher ins Auge fassen, von denen die Absorption abhängig ist und durch welche dieselbe in hohem Grade modificirt werden kann.

1) Die Beschaffenheit und Reinheit der absorbirenden Flüssigkeit und des absorbirten Gases. Die Menge des Gases, welches von einer Flüssigkeit aufgenommen werden kann, richtet sich wesentlich nach dem Zustande der Reinheit der letztern; enthält diese schon eine einfache Gasart oder ein Gasgemenge aufgelöst, dann absorbirt sie um so weniger; zuweilen scheint ein Theil des bereits absorbirten Gases durch das neu hinzugetretene ausgetrieben zu werden. Auf der andern Seite erhält das Wasser z. B. durch die Aufnahme von Sauerstoff die Fähigkeit, auch Wasserstoff in nicht unbeträchtlicher Quantität zu absorbiren, während es im luftleeren Zustande gegen das Wasserstoffgas fast ganz indifferent sich zu verhalten scheint*). Hierbei scheint keine unmittelbare chemische Verwandtschaft thätig zu sein und der Wasserstoff sich nicht mit dem Sauerstoff zu Wasser zu verbinden, denn man kann durch Kochen der Flüssigkeit das absorbirte Wasserstoffgas wieder unverändert austreiben; und die Beobachtung einiger Naturforscher, daß nach längerer Zeit (ähnlich wie bei Berührung mit fein zertheiltem Platin) ein solches Gasgemenge wirklich in Wasser sich verwandle, bedarf noch der ferneren Bestätigung **). Die ungleiche Wirkung des Wassers auf den Sauerstoff und auf den Stickstoff (s. unten) zeigt sich auch bei der Auflösung von Salzen. Gay-Lussac und Humboldt fanden nämlich, daß reines Seinewasser um die Hälfte Luft mehr beim Kochen hergab, als Seinewasser, worin Kochsalz aufgelöst war; ein Unterschied, welcher von der sehr bedeutenden Luftmenge herrührt, die sich schon im Kalten während der Auflösung des Salzes aus dem Wasser entbindet. Der Sauerstoffgehalt dieser letztern Luft fand sich bei einer genauern Analyse nur 0,225, der der Luft dagegen, welche durch Kochen aus dem mit Salz geschwängerten Wasser ausgetrieben war, 0,305; ein Beweis, daß die Luft, welche während des Auflösens der Salze sich entbindet, weit weniger rein ist, als die, welche in der Auflösung zurückbleibt. Aus diesen und ähnlichen Untersuchungen geht also zur Genüge hervor, daß es bei der Prüfung des Absorptionsvermögens einer Flüssigkeit zunächst von großer Wichtigkeit ist, alle atmosphärische Luft, welche dieselbe stets in größerer oder geringerer Menge enthält, vollständig aus derselben zu entfernen. Man bewirkt dieses in der Regel durch stundenlang fortgesetztes Kochen in einem Gefäße, das

*) Gay-Lussac und Humboldt in Gilb. Ann. XX. S. 141.
**) Hooke a. a. O. S. 143 Anm. und in diesem Artikel weiter unten.

mit einem langen und engen Halse versehen ist und das man, während des Erkaltens, luftdicht verschlossen hält. Sauſſure verfuhr folgendermaßen: Eine kleine Flasche wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, offen unter Wasser in einen Kessel gestellt, der damit angefüllt war, und dann alles Wasser wenigstens 3 Stunden lang in lebhaftem Kochen erhalten. Daß das Wasser seiner Luft so viel als möglich beraubt sei, erkannte er daraus, daß sich keine Luft mehr ansammelte, wenn er während des Kochens die Flasche neigte. Sie wurde sodann ganz aufgefüllt, unter dem kochenden Wasser mit einem gläsernen Stöpsel verschlossen und umgekehrt in Queckſilber gesetzt. Selbst durch sehr langes Kochen scheint das Wasser nicht vollständig von der Luft befreit werden zu können; denn wenn die Flaschen im kochenden Wasser zugepfropft worden waren, entstand durch das Zusammenziehen des Wassers beim Abkühlen in ihnen ein leerer Raum, dieser wurde aber, wenn die Flasche mehrere Tage lang umgekehrt im Queckſilber gestanden hatte und dann unter Queckſilber geöffnet wurde, nicht ganz vom Queckſilber angefüllt. Immer sah man in dem gekochten Wasser eine kleine Luftblase, die aber bald absorbirt wurde; bedeutend größer war diese Luftblase beim Alkohol oder Aether*). Man hat deshalb vorgeschlagen, die Flüſſigkeit mit einem gröblichen Pulver von reinem Quarzsand, Metallfeilicht oder einem andern unlöslichen Körper sieden zu lassen, weil solche Körper, der Erfahrung zufolge, eine jede Gasentbindung begünstigen. Pictet**) bemerkt, daß nach Deluc die letzten Antheile von Luft so fest am Wasser haften, daß es diesem Naturforscher nicht anders gelang, vollkommen luftleeres Wasser zu erhalten, als wenn er den Kolben, worin sich das Wasser befand, in einem beständigen Schütteln fast sechszehn Tage lang erhielt, das Wasser von Zeit zu Zeit darin kochte, und während des Kochens den in eine Spitze ausgezogenen und hermetisch verschlossenen Hals des Kolbens durch Schmelzung der Spitze öffnete, um die sich entwickelnde Luft hinauszujagen. Daß das Kochen nicht ausreiche, um aus dem Wasser alle darin enthaltene atmosphärische Luft auszutreiben, sucht Carradori***) daraus zu beweisen, daß, wenn man solches Wasser noch kochend in ein enghalsiges Gefäß gießt und unter einer Decke von Oel erkalten läßt, damit keine äußere Luft hinzu könne, ein kleiner Fisch eine Zeit lang in dem Wasser leben und athmen kann. Flüſſigkeiten, die sich beim Kochen entweder verändert oder verflüchtigt haben würden, wie die Oele und einige Salzauflösungen, versuchte Sauſſure mittelst der Luftpumpe von dem in ihnen aufgelösten Gase zu befreien. Jedoch läßt sich auf diesem Wege ebenso wenig als durch Kochen alle Luft austreiben, und je flüchtiger die Flüſſigkeit ist, desto weniger gelingt dieses, indem sie sich zu keiner hohen Temperatur erheben lassen und der Druck ihrer elastischen Dämpfe auch unter dem Recipienten der Luftpumpe das Entweichen der Luft verhindert. — Daß eine zu untersuchende Flüſſigkeit auch frei sein müsse von aufgelösten salzigen Substanzen, geht schon aus der obigen Bemerkung hervor, daß diese auf die absorbirte Gasmenge einen bedeutenden Einfluß ausüben.

Henry verdanken wir die ersten genauen Versuche über das Absorptionsvermögen des Wassers gegen verschiedene Gasarten; er erhielt zunächst bei An-

*) Sauſſure a. a. O. S. 182.
**) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 413.
***) Journ. de Phys. T. LXII. p. 473 und Gilb. Ann. a. a. O.

wendung der Kohlensäure, bei derselben Temperatur, bei gleicher Reinheit von Gas und Wasser und bei einerlei Barometerstand, Resultate, die dessenungeachtet unter einander beträchtlich abwichen, und fand durch fernere Versuche die Vermuthung Dalton's bestätigt, daß diese Abweichungen in der verschiedenen Menge des Rückstandes ihren Grund hätten *). Wurden z. B. 2 Maß kohlensaures Gas mit 1 Maß Wasser geschüttelt, so erhielt er eine bedeutend größere Absorption, als wenn er weniger Gas nahm. Es scheint hierbei auf den Antheil des nicht absorbirten Rückstandes an atmosphärischer Luft anzukommen, welche bei aller erdenklichen Vorsicht nicht vollständig zu entfernen ist. Daß dieses wirklich auf jene Abweichungen von Einfluß sei, glaubt Henry ferner aus einem Versuche mit einem Gemenge von atmosphärischer Luft mit kohlensaurem Gase entnehmen zu können. Statt daß 10 Maß Wasser, bei 12°,78 C. Wärme, wenn sie mit 20 Maß kohlensaurem Gase geschüttelt wurden, wenigstens 10 Maß in sich aufnahmen, verschluckten sie aus einer Mischung von 20 Theilen kohlensauren Gases und 10 Theilen atmosphärischer Luft nur 6 Theile kohlensaures Gas. Es ist deswegen nöthig, bei den Versuchen über die Absorption des kohlensauren Gases die Menge des Gasrückstandes anzugeben, wie dies in der folgenden, von Henry mitgetheilten Tabelle geschehen ist:

Versuch	Temperatur	Zum Versuch kamen: Maße		Es betrug an Maßen		Es verschl. also 100 C.-Z. Wasser an Gas
		Wasser	Gas	die Absorption	also der Rückstand	
1	12°,78 C.	13	32	14	18	108 C.-Z.
2	29 ,44	13	32	11	21	84 "
3	12 ,78	13	24	14	10	108 "
4	12 ,78	10	15	10	5	100 "
5	12 ,78	20	20	18	2	90 "
6	12 ,78	19	19	16	3	84 "
7	29 ,44	19	19	13	6	70 "
8	43 ,33	10	20	6	14	60 "
9	43 ,33	20	20	9	11	45 "

In Versuch 5 enthielten die 2 Maß Rückstand 0,15 Maß atmosphärische Luft; davon hatten die 20 Maß kohlensaures Gas 0,13 Maß enthalten, weshalb die 20 M. Wasser während der Absorption nur 0,02 Maß oder ungefähr $\frac{1}{1000}$ ihres Volumens an atmosphärischer Luft hergegeben hatten. In Versuch 6 enthielten die 3 Maß Rückstand $\frac{1}{6}$ Maß atmosphärischer Luft. Cavendish hatte, gleichzeitig mit Henry **), bei einer Temperatur von 12°,78 C. ähnliche Verschiedenheiten in der Menge des absorbirten Gases nach der verschiedenen Größe des Rückstandes wahrgenommen; nämlich als die Absorption zum Rückstande

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 153 ff.
**) A. a. O. S. 155.

ſich verhielt wie	hatten 100 C.-Z. Waſſer abſorbirt
100 : 164	116 C.-Z. kohlenſaures Gas
100 : 16	107 " " "
100 : 10	102½ " " "
100 : 1½	95½ " " "

Wenn das kohlenſaure Gas und das Waſſer einerlei Temperatur haben, ſo geht während der Abſorption eine wahrzunehmende Erwärmung vor, durch welche die Temperatur des Waſſers um 0°,22 bis 0°,33 C. erhöht wird; daſſelbe zeigt ſich, jedoch in minderem Grade, während Schwefelwaſſerſtoffgas oder Stickſtoffoxydulgas ſich im Waſſer condenſiren. Doch muß man, um dies zu bemerken, bedeutende Mengen von Gas und von Waſſer anwenden (Henry). Die Reſultate der Verſuche Henry's über das Abſorptionsvermögen des Waſſers gegen andere Gaſe waren folgende:

	Abſorption in 100 Theilen Waſſer bei 15°,55 C. Wärme.
Schwefelwaſſerſtoffgas	106 bis 108 Maß
Stickſtoffoxydulgas	86
Stickſtoffoxydgas	5
Sauerſtoffgas	3,55
Phosphorwaſſerſtoffgas . . .	2,14
Kohlenoxydgas	2,01
Kohlenwaſſerſtoffgas	1,40
Stickſtoffgas	1,47
Waſſerſtoffgas	1,53

Aus dieſen Verſuchen Henry's und nach eignen Erfahrungen hat Dalton *) eine Reihe von theoretiſchen Sätzen abgeleitet, in welchen er behauptet, daß das Waſſer von einer Gasart, mit welcher es ſich nicht chemiſch verbindet, bei mittlerer Temperatur und mittlerem Drucke der Atmoſphäre ein Volumen verſchluckte, welches ſich zum Volumen des Waſſers ſelbſt wie 1, 1/8, 1/27, 1/64, 1/125 ꝛc. zu 1 verhält; oder nach folgender Zahlenreihe: $\frac{1}{1^3}$ (kohlenſaures Gas, Schwefelwaſſerſtoffgas, Stickſtoffoxydulgas), $\frac{1}{2^3}$ (ölbildendes Gas), $\frac{1}{3^3}$ (Sauerſtoffgas, Stickſtoffoxydgas, Sumpfgas), $\frac{1}{4^3}$ (Stickſtoffgas, Waſſerſtoffgas, Kohlenoxydgas), $\frac{1}{5^3}$ (keins noch entdeckt). Daſſelbe Geſetz ſoll nach Dalton auch für alle anderen nicht klebrigen Flüſſigkeiten, wie für Alkohol, die Säuren und Salzauflöſungen gelten, wenn hierbei nicht etwa eine chemiſche Verwandtſchaft ſich thätig zeigt. Ferner hat Dalton die Anſicht aufgeſtellt, daß luftfreies Waſſer, wenn es mit zwei oder mehreren Gasarten geſchüttelt wird, von jeder dieſer Gasarten gerade ſo viel verſchluckt, als es von ihnen einzeln, bei derſelben Dichtigkeit der Gasart, in ſich aufgenommen haben würde; und ebenſo daß, wenn Waſſer, welches mit irgend einem Gaſe ſchon geſchwängert iſt, mit einem andern Gaſe in Berührung kommt, es von dem erſtern ſo viel fahren laſſe und von dem andern dagegen ſo viel aufnehme, daß die Gasmengen, welche nach dieſem Austauſche in dem Waſſer zurückbleiben, genau in dem Verhältniſſe ſtehen, als die Abſorptionen, welche die beiden Gaſe durch das Waſſer einzeln erlitten haben würden, wenn ſie mit

*) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 397 ff.

denselben in der Dichtigkeit, welche sie in dieser Vermengung haben, einzeln in Berührung gebracht worden wären. So z. B. verschluckt luftfreies Wasser, das man mit atmosphärischer Luft schüttelt, welche aus 0,79 Stickstoffgas und 0,21 Sauerstoffgas besteht, wenn man dem Volumen des Wassers 100 Theile giebt, $\frac{100}{64}$. 0,79 = 1,234 Theile an Stickstoffgas, und $\frac{100}{27}$. 0,21 = 0,778 Theile an Sauerstoffgas, zusammen also 2,012 Theile Luft. Wir wollen hier nicht näher eingehen auf diese Dalton'sche Theorie, welche zu mannigfachen theoretischen Streitigkeiten Veranlassung gegeben hat *), und bemerken nur, daß die im Folgenden mitgetheilten Versuche Sauſſure's die Unrichtigkeit jener ersten Behauptung Dalton's, daß eine jede Flüssigkeit die Gasarten nur nach dem Verhältnisse von 1, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{27}$ ꝛc. ihres eignen Volumens absorbire, hinlänglich zu beweisen scheinen. Sauſſure fand nämlich die Absorption unvermischter Gasarten durch Wasser und Alkohol bei einer Temperatur von 18° C. folgendermaßen:

Es absorbirt bei 18° C. von	100 Maß luftfreies Wasser	100 Maß luftfr. Alkohol von 0,84 spec. Gewicht
	Maß	Maß
Schwefligsaurem Gas	4378	11577
Schwefelwasserstoffgas	253	606
Kohlensaurem Gas	106	186
Stickstoffoxydulgas	76	153
Oelbildendem Gas	15,5	127
Sauerstoffgas	6,5	16,25
Kohlenoxydgas	6,2	14,5
Wasserstoffgas	4,6	5,1
Stickstoffgas	4,2	4,2

Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß die Absorption der Gase durch verschiedene Flüssigkeiten, wie durch Wasser und Weingeist nichts weniger als gleich ist; der Weingeist verschluckt oft doppelt so viel als das Wasser. Bei Gasarten, die wenig absorbirt werden, ist dieser Unterschied nicht mehr so auffallend; bei ihnen lassen sich indeß die Absorptionen des Weingeistes weniger genau bestimmen, wegen der Luft, die er beim Sieden zurückhält. Diese Versuche stimmen nicht besser mit dem Gesetz überein, welches Dalton in den Absorptionen der verschiedenen Gasarten durch eine und dieselbe Flüssigkeit wahrzunehmen glaubte, denn es finden sich hier viel zu große Unterschiede zwischen den Absorptionen, welche das kohlensaure Gas, das Schwefelwasserstoffgas und das oxydirte Stickgas (welche Dalton für vollkommen gleich verschluckbar ausgiebt) von den Flüssigkeiten erleiden, als daß sie Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten.

*) Man sehe hierüber unter Andern: Bemerkungen für und wider Dalton's neue Theorie über die Beschaffenheit gemischter Gasarten, über seine Vorstellung, wie das Gas im Wasser vorhanden ist, und über die Frage: ob Gasarten unter einander und zum Wasser chemisch verwandt sind; in Gilb. Ann. Bd. XXI. S. 377 — 432. Vgl. auch Liebig's und Poggend. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Art. Absorption.

Sauſſure bemerkt ferner, daß die Abſorption der Gaſe nicht rein mechaniſcher Natur ſein könne, ſondern daß auch die chemiſche Verwandtſchaft Einfluß auf dieſelbe ausüben müßte, weil ſonſt die Gasarten von allen Flüſſigkeiten in derſelben Ordnung abſorbirt werden würden, welches jedoch keineswegs der Fall iſt, wie die folgenden von Sauſſure erhaltenen Reſultate zeigen:

Gasvolumen abſorbirt von 100 Volumen der Flüſſigkeiten	Waſſer	Farbloſes Petroleum, von 0,784 ſpec. G.	Lavendelöl von 0,88 ſpec. Gew.	Olivenöl	Geſättigte Löſung von Chlorkalium
Oelbildendes Gas. .	15,5	261	275	151	61
Stickſtoffoxydulgas .	76	254	209	150	29
Kohlenſäuregas . . .	106	169	191	122	10

Das Lavendelöl abſorbirt alſo von dem Kohlenſäuregas ungefähr doppelt ſo viel, als das Waſſer, nimmt aber vom ölbildenden Gas mehr als das Zwölffache auf, welches nur in einer gewiſſen Verwandtſchaft zwiſchen dem Oele und dem Gaſe ſeinen Grund haben kann. Sauſſure hat endlich auch den Einfluß der phyſikaliſchen Eigenſchaften der Flüſſigkeiten auf ihr Abſorptions-Vermögen einer näheren Prüfung unterworfen und die von ihm gefundenen Reſultate in der folgenden Tafel zuſammengeſtellt.

Bei 18° C. abſorbirte 1 Volumen	von ſpec. Gewicht	Volumen Kohlenſäuregas	100 Theile wäſſerige Auflöſung enthielten
Alkohol	0,803	2,6	
Aether	0,727	2,17	
Lavendelöl	0,88	1,91	
Thymianöl	0,89	1,88	
Weingeiſt	0,84	1,87	
Petroleum	0,784	1,69	
Terpentinöl	0,86	1,66	
Leinöl	0,94	1,56	
Olivenöl	0,915	1,51	
Waſſer	1,000	1,06	
Salmiaklöſung . . .	1,078	0,75	27,53 kryſt. S.; geſätt. Auflöſ.
Gummilöſung	1,092	0,75	25 Gummi
Zucker	1,104	0,72	25 Zucker
Alaun	1,047	0,7	9,14 kr. S.; geſ. Aufl.
Schwefelſaures Kali . .	1,077	0,62	9,42 kr. S.; geſ. Aufl.
Schwefelſaures Natron .	1,105	0,58	11,14 gegl. S.; geſ. Aufl.
Chlorkalium	1,168	0,61	26 kr. S.; geſ. Aufl.
Salpeterſaures Kali . .	1,139	0,57	20,6 kr. S.; geſ. Aufl.
Salpeterſaures Natron .	1,206	0,45	26,4 kr. S.; geſ. Aufl.
Schwefelſäure	1,84	0,45	
Weinſteinſäure . . .	1,285	0,41	53,37 kr. S.; geſ. Aufl.
Chlornatrium	1,212	0,329	29 Salz; geſätt. Aufl.
Chlorcalcium . . .	1,402	0,261	40,2 gegl. S.; geſ. Aufl.

Der mehr oder weniger flüssige Zustand scheint also auf das Absorptionsvermögen der Flüssigkeit von Einfluß zu sein; jedoch läßt sich keineswegs eine allgemeine Regel darüber aufstellen, daß etwa der Grad der Absorption sich nach diesem Zustande richte, sondern, wie schon oben angeführt wurde, es werden hier andere Verwandschaften und Anziehungen noch ins Spiel kommen. So sehen wir die fetten Oele bei viel geringerer Flüssigkeit doch eine weit größere Menge kohlensaures Gas absorbiren als das Wasser; und ebenso übertreffen die Absorptionen des kohlensauren Gases in Gummi- und Zuckerwasser, an Größe, die in den weit flüssigern Auflösungen von schwefelsaurem Natron und von Chlorkalium. Dagegen finden sich auch andere Flüssigkeiten, welche mehr von dem kohlensauren Gas als andere von geringerer Flüssigkeit absorbiren, wie dies z. B. mit dem Aether und Alkohol in Vergleichung mit Wasser, und mit diesem letztern in Vergleichung mit mehreren Salzauflösungen der Fall ist. So gering der Einfluß der Klebrigkeit der flüssigen Körper auf die Größe der Absorption zu sein scheint, so bedeutend ist er, was die Zeit betrifft, welche sie brauchen, um sich mit Gas völlig zu sättigen. Klebrige Flüssigkeiten, wie die fetten Oele, die Auflösung von Chlorkalium, Gummiwasser ꝛc. bedurften bei gleichem Anziehungsvermögen beträchtlich längere Zeit, um mit einem Gas sich zu sättigen, als weit flüssigere Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, Steinöl, Alkohol, Aether und die ätherischen Oele.

Die Dichtigkeit der Flüssigkeiten scheint auf ihr Absorptionsvermögen einen großen Einfluß zu haben; im Allgemeinen besitzen die leichtesten Flüssigkeiten ein stärkeres Absorptionsvermögen als die specifisch schwereren. Ausnahmen von dieser Regel finden sich fast nur bei solchen Flüssigkeiten, deren specifisches Gewicht nicht sehr verschieden ist, und sind ohne Zweifel eine Folge besonderer Verwandtschaften. Wahrscheinlich hat auch das specifische Gewicht der Gasarten selbst Einfluß auf die Mengen, welche eine Flüssigkeit von ihnen verschluckt, und auf die Zeit, in welcher dieses geschieht. Denn alle Gasarten, welche beträchtlich schwerer als die atmosphärische Luft sind, erleiden im Wasser keine so geringen Absorptionen, wie Stickgas, Wasserstoffgas, Sauerstoffgas und Kohlenoxydgas; und von zwei Gasarten, die von einer Flüssigkeit in gleichem Maße absorbirt werden, wird die leichtere weit langsamer eingesogen, wie z. B. von dem Steinöl das ölbildende Gas weit langsamer, als das Stickstoffoxydulgas. Endlich kann man aus den bisher angeführten Versuchen noch ersehen, daß im Allgemeinen diejenigen Gase am meisten absorbirt werden, welche am leichtesten in den tropfbarflüssigen Zustand übergehen.

Es ist bei allen Untersuchungen über die Absorption der Gase von großer Wichtigkeit, sich von der Reinheit der angewandten Gase zu überzeugen, indem die ungleiche Verschluckbarkeit derselben Abweichungen in den Resultaten hervorbringen würde. Henry, Dalton, Humboldt und Gay-Lussac hatten schon bemerkt, daß ein Theil des absorbirten Gases wiederum aus einer Flüssigkeit sich entwickele, wenn diese mit einer andern Gasart in Berührung käme, und Dalton hatte nach diesen Versuchen das schon oben angeführte Gesetz aufgestellt, daß zwei Gasarten in einer Flüssigkeit immer den nämlichen Raum einnehmen, den sie einnehmen würden, wenn jede einzeln bei dem Grade von Dichtigkeit, den sie in der Mischung hat, absorbirt worden wäre. Sauſſure suchte die Haltbarkeit dieser Behauptung durch die folgenden Versuche zu prüfen:

100 Maß luftleeres Waſſer abſorbirten bei 18° C.

1) von 434 Maß eines Gemenges aus gleichen Theilen Kohlenſäuregas und Waſſerſtoffgas 47,5 Maß, und zwar von dem erſtern Gaſe 44, von dem zweiten 3,5 Maß;

2) von 390 Maß eines Gemenges aus gleichen Theilen Kohlenſäuregas und Sauerſtoffgas 47,1 Maß von dem erſtern und 5 Maß des zweiten, im Ganzen alſo 52,1 Maß;

3) von 357,6 Maß eines Gemenges aus Kohlenſäuregas und Stickſtoffgas 43,9 Maß des erſtern und 3,3 Maß des zweiten Gaſes, im Ganzen alſo 47,2 Maß.

Vergleicht man den Raum, den die vereinigten Gaſe im Waſſer einnehmen, mit demjenigen, der ihnen nach den oben angeführten Verſuchen zukommt, ſo findet man, daß die Gegenwart des einen Gaſes die Abſorption des andern begünſtigt, inſofern man auf den relativen Raum ſieht, den jedes derſelben in dem Waſſer einnimmt. Sauſſure bemerkt, in Bezug auf die ſo eben angeführten Reſultate ſeiner Verſuche, daß keins derſelben Dalton's Theorie entſpricht, welcher zufolge das Volumen des verſchluckten kohlenſauren Gaſes nur halb ſo groß als das der abſorbirenden Flüſſigkeit, und auch die abſorbirten Volumina der andern Gaſe viel kleiner hätten ſein ſollen, als ſie ſich aus ſeinen Beobachtungen ergeben haben. Es iſt jedoch hier zu bemerken, daß die Beobachtungen Sauſſure's keineswegs mit den weiter unten anzuführenden Unterſuchungen von Humboldt und Gay-Luſſac völlig übereinſtimmen, und daß überhaupt die bisher ausgeführten Abſorptionsverſuche durchaus nicht den Grad von Genauigkeit beſitzen, welcher nothwendig wäre, damit ſie als entſcheidende Beweiſe gegen die Dalton'ſche Theorie aufgeführt werden könnten. Uebrigens iſt Dalton der Anſicht, daß ſeine Theorie gerade durch die mitgetheilten Verſuche Sauſſure's beſtätigt werde, und in der That ſtimmen die aus denſelben für die Kohlenſäure berechneten Werthe (98,3; 107,6 und 1,01) ſo ziemlich mit dem Ergebniß des unmittelbaren Verſuchs = 106 überein; und bei den ſo wenig abſorbirbaren Gaſen, wie Sauerſtoffgas, Waſſerſtoffgas und Stickſtoffgas, iſt ſchwer zu entſcheiden, ob nicht der Ueberſchuß, der ſich ergeben hat, ebenſo gut einem Beobachtungsfehler, als der Unrichtigkeit der Theorie zuzuſchreiben wäre. — Bei der gleichzeitigen Abſorption zweier oder mehrerer Gaſe durch das Waſſer kann man nicht annehmen, daß hierbei eine chemiſche Verbindung der erſtern gebildet werde; wenn z. B. Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas, die in dem Verhältniſſe gemiſcht worden ſind, wie es zur Waſſererzeugung nöthig iſt, bei ihrer Verdichtung durch eine Flüſſigkeit Waſſer zu bilden vermöchten, ſo müßte ihre Abſorption ins Unbeſtimmte fortgehen. Durch heftiges Schütteln bringt man aber die Verſchluckung dieſes Gasgemiſches durch Waſſer in wenig Minuten zu Stande, ſo daß ſie ſich durch ein viel längeres Schütteln nicht vermehren läßt; ſie betrug nach Sauſſure nie über 5,24 Procent des Volumens der Flüſſigkeit. Daſſelbe Verhalten zeigt ſich bei den gasförmigen Beſtandtheilen des Ammoniaks und der Salpeterſäure; ſelbſt die Beimiſchung eines Alkali oder einer Säure zum Waſſer iſt nicht vermögend, jene Verbindungen zu bewerkſtelligen. Allein wir kennen noch nicht die Wirkungen, welche eine Berührung von mehreren Monaten oder Jahren zwiſchen dieſen Gaſen und der Flüſſigkeit hervorbringen würde; und ebenſo wenig wiſſen wir von den Wirkungen atmoſphäriſcher Einflüſſe an der bloßen freien Luft (Sauſſure a. a. O.). In Betreff

der Einwirkung einer längeren Berührung der absorbirenden Flüssigkeit mit den Gasen mögen hier noch einige Versuche De Marty's Erwähnung finden, welche Biot *) mittheilt, und aus denen er das Resultat ableitet, daß dieselbe Masse Wasser, welche gleich anfangs nur eine gewisse Menge Sauerstoffgas zu absorbiren vermag, mit der Zeit eine ansehnlichere Menge verschlucken kann. De Marty stellte seine Versuche nach der folgenden Methode an: Er brachte in eine gläserne, mit eingeriebenem und vollkommen schließendem Stöpsel versehene Flasche Regenwasser und Sauerstoffgas, gleichviel in welchem Verhältnisse und ob jenes gekocht war oder nicht. Nachdem er wiederholt den Inhalt der Flasche geschüttelt und nach jedesmaligem Schütteln dieselbe unter Wasser geöffnet hatte, wurde zuletzt das Wasser in der Flasche gesättigt und verschluckte kein Gas weiter. Er verschloß die Flasche und ließ sie 2 oder 3 Tage ruhig stehen, nach welcher Zeit er sie wieder unter Wasser öffnete und ein Hineindringen des Wassers bemerkte; bei der Wiederholung dieser Operation in kürzeren oder längeren Zwischenräumen fand er immer, daß ein neuer Antheil Gas verschluckt worden war, und zwar desto mehr, je länger er die Flasche uneröffnet hatte stehen lassen. Dasselbe fand mit Wasserstoffgas statt; nach 2 Jahren war das Volumen des absorbirten Gases noch nicht dem Volumen des absorbirenden Wassers gleich. Mit Sauerstoffgas geschwängertes Wasser war geeigneter, Wasserstoffgas zu verschlucken, und so umgekehrt (s. unten die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac). Es scheint also nach diesen Versuchen, daß das Gas anfangs nur schwach gebunden ist, daß dagegen die fortdauernde Einwirkung des Wassers die Elasticität des Gases mehr und mehr vermindert, es, so zu sagen, zusammenzieht und tiefer in die Anziehungssphäre seiner Theilchen hinein bringt, wodurch das Wasser fähig wird, eine neue Quantität dieses Gases zu absorbiren (Biot). Mit Stickstoffgas fanden nach De Marty diese Wirkungen nicht statt; war das Wasser einmal eine Zeit lang mit demselben geschüttelt worden, so verschluckte es davon nichts mehr, so lange er es auch mit diesem Gas in Berührung ließ. Mit Stickstoffgas geschwängertes Wasser verschluckte Wasserstoffgas oder Sauerstoffgas, womit man es in Berührung brachte, ohne das Stickgas, welches es enthielt, fahren zu lassen. Zwar entwich im Anfange der Absorption des andern Gases ein wenig Stickstoffgas; schüttelte man aber das Wasser und die Gasarten, so trat alles Stickstoffgas, das sich zuvor in dem Wasser befand, wieder in dasselbe zurück, und nahm dort seinen alten Platz ein, unabhängig von dem Wasserstoffgas oder dem Sauerstoffgas, welches das Wasser überdies verschluckt hatte. Dieses fand De Marty durch so viele Versuche bestätigt, daß sich, seiner Meinung nach, auf die bloße verschluckende Eigenschaft des Wassers eine genaue Zerlegung der atmosphärischen Luft gründen ließe, er glaubte nämlich, daß dazu weiter nichts nöthig sei, als daß man das Wasser zuvor mit Stickstoffgas schwängere; es verschluckte dann genau 0,21 des Volumens atmosphärischer Luft, welche man mit demselben in Berührung bringt; und dasselbe soll auch dann der Fall sein (nur daß eine längere Zeit dazu erforderlich ist), wenn man Wasser anwendet, welches, statt mit reinem Stickstoffgas, mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft geschwängert ist. Mit den so eben mitgetheilten Beobachtungen sind jedoch die Resultate, zu denen Berger **) und namentlich Hum-

*) Ann. de Chimie, Mars 1807, p. 271 (s. a. Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 417 ff.).
**) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 168 ff.

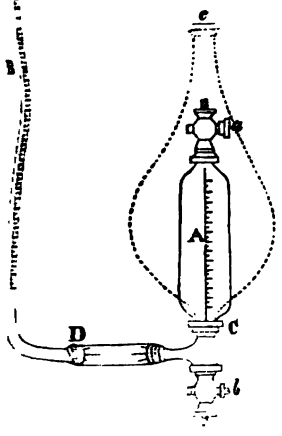
[illegible] *) [illegible] 1 Th. Stickstoffgas in Berührung, nach 6 bis 8 Tagen waren 64 Theile [illegible] 23,21 Stickstoffgas [illegible] 37 Th. Stickstoffgas. Von der ursprünglichen 100 Theilen Stickstoffgas waren [illegible] 77 Theile verloren und statt [illegible] 37 Theile Stickstoffgas aus dem Wasser ausgetrieben worden. Das Stickstoffgas übte das Wasser [illegible] aus. Reines Stickstoffgas wurde von dem Wasser [illegible] 0,02 bis 0,03 seines Volumens und in Berührung mit 11 Theilen Sauerstoffgas [illegible] durch 14 Theile Stickstoffgas aus dem Wasser getrieben. Reines Stickstoffgas und Sauerstoffgas aus einer Verbindung mit dem Wasser [illegible] Stickstoffgas. Die Wirkung ist gleich, aber die Mengen des Absorbirten und des Ausgetriebenen [illegible]. Diese Versuche geben die Absorption des Sauerstoffgases in Berührung mit der des Stickgases beträchtlich größer an, als Saussure gefunden hatte. Auch die Wirkung des Wassers auf ein Gemisch von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas wurde von Humboldt und Gay-Lussac untersucht. Das Maximum verminderte sich am stärksten, wenn das Sauerstoffgas vorherrschte, wenn z. B. 200 Theile Sauerstoffgas mit 100 Th. Wasserstoffgas gemischt worden waren. Auch hierbei wurde jedesmal Stickstoffgas aus dem Wasser ausgetrieben: in 100 Th. des Rückstandes eines Gemisches aus gleichen Theilen beider Gasarten fanden sich 20 Th. Stickstoffgas, 50 Th. Wasserstoffgas und 30 Th. Sauerstoffgas. Je mehr Sauerstoffgas verschluckt war, desto mehr fand sich stets an Stickstoffgas vor. Ein Volumen aus 400 Th. Sauerstoffgas und 200 Th. Wasserstoffgas verminderte sich über Seinewasser in 10 Tagen bis auf 562 Th., und statt noch 375 Th. vom erstern und 187 Th. vom letztern Gase zu enthalten, enthielt es 246 Th. Stickstoffgas, 142 Th. Wasserstoffgas und nur 174 Th. Sauerstoffgas. Humboldt und Gay-Lussac fügen diesen Beobachtungen noch die folgenden Bemerkungen bei: Auf ein Gemisch von Sauerstoffgas und Stickstoffgas wirkt das Wasser im Ganzen weniger, als auf Mischungen von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas; ein Umstand, der minder überraschend wenn man einen Blick auf das Ganze dieser Phänomene wirft. Sie zeigen in Wasser ein beständiges Bestreben, sich mit den Gasarten, mit denen es in Berührung ist, ins Gleichgewicht zu setzen. Bringt man Sauerstoffgas darüber, so läßt es Stickstoffgas fahren; setzt man es mit Stickstoffgas in Berührung, so giebt es Sauerstoffgas her. Von einer Mischung aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas verschluckt es einen Theil und entbindet dafür Stickstoffgas. Immer strebt es, das Mischungsverhältniß der Luft, welche es schon aufgelöst enthält, nach der Natur des Gases abzuändern, mit welchem es in Berührung kommt. Da nun das Wasser der Seine schon mit einer Mischung aus Sauerstoffgas und Stickstoffgas geschwängert ist, so ist es sehr natürlich, daß es auf eine Mischung aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine stärkere Wirkung äußert, als auf ein Gemisch aus Stickstoffgas und Sauerstoffgas.

Von atmosphärischer Luft werden nach Saussure 5 Proc. des Volumen des Wassers von diesem verschluckt, und zwar sind in dem absorbirten Gemenge 6

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 139 ff.

dem destillirten, Regen- und fließenden Wasser stets ungefähr 31 Proc. Sauerstoff vorhanden, wie dies schon aus den von Humboldt und Gay-Lussac ausgeführten Versuchen sich ergab, ein Verhältniß, das durch alle späteren Analysen Bestätigung fand und nach den neueren Untersuchungen von Morren *) und Lenz **) nur bei stehenden Gewässern und im Meerwasser zuweilen beträchtlichen Abänderungen unterliegt, die durch die Anwesenheit einer eigenthümlichen organischen, vegetabilischen oder thierischen Materie, welche je nach den Umständen eine Entwicklung oder Absorption des Sauerstoffgases bewirkt, bedingt zu sein scheint.

2) Einfluß des äußeren Luftdruckes und der Temperatur. Henry bediente sich bei seinen Versuchen über den Einfluß des Druckes auf die Absorption der Gase durch das Wasser des bereits beschriebenen Apparates, der nur mit einer viel längeren Röhre B versehen war, um mittelst des Queckſilbers in derselben das Gas und das Wasser, von bekannter Temperatur, im Glase A unter beliebigen Druck versetzen zu können. Nachdem zuerst das Gas auf die oben beschriebene Art hineingelassen und durch Oeffnen des Hahnes b das Queckſilber in beiden Schenkeln ins Niveau gebracht worden war, goß er so viel Queckſilber in B nach, bis es hier 28 oder zweimal 28 Zoll höher stand, als in A (wodurch ein zwei- oder dreifacher Atmosphärendruck ausgeübt wurde), schüttelte dann stark, während er in B so viel Queckſilber nachgoß, als nöthig war, um dasselbe auf seinem Stande zu erhalten, und bestimmte nach der Scala A, noch genauer aber aus der Menge des nachgegossenen Queckſilbers, die Größe der Absorption. Das Wasser, welches auf diese Art unter dem dreifachen Luftdrucke mit einem Gas geschwängert war, brauste heftig auf, wenn man den Hahn b öffnete und das Queckſilber in beiden Schenkeln sich ins Niveau setzen ließ; doch dauerte es einige Zeit, bevor das durch größeren Druck hineingezwängte Gas daraus wieder völlig entwich. Um bei den minder condensirbaren Gasarten eine Zunahme der Absorption mit vermehrtem Drucke wahrzunehmen, war ein weiteres, in der Figur durch die punktirten Linien angedeutetes Gefäß nöthig, das wenigstens 50 Cubikzoll Inhalt hatte; es war bei C mit einem Hahne und einer Schraube versehen. Mit Hülfe dieser Apparate stellte Henry mehr als 50 Versuche an, mit Kohlensäuregas, mit Schwefelwasserstoffgas, Stickstoffoxydulgas, Sauerstoffgas und Stickstoffgas. Aus den Resultaten dieser Versuche ergab sich das allgemeine Gesetz: Bei einerlei Temperatur nimmt Wasser unter jedem Drucke dasselbe Volumen an Gas auf, als unter dem gewöhnlichen Luftdrucke; oder da die Dichtigkeit des Gases immer dem Drucke proportional ist: ein Gasvolu-



*) Ann. de Ch. et de Phys. Nouv. Sér. XII. 5.
**) Journ. f. prakt. Chemie XXX. 207.

men, das unter dem gewöhnlichen Luftdrucke im Verhältniß der zusammendrückenden Kraft steht. Das Wasser absorbirt z. B. bei 18° C. unter gewöhnlichem Luftdrucke 106 Cubikcentimeter Kohlensäuregas, welche bei einem Barometerstande von 0,76 Meter 196,6 Gramme wiegen. Wird nun das Gas mit dem Wasser in dem Compressionsgefäße zusammengedrückt, bis die Quecksilbersäule gleich 1,52 oder 2,28 Meter wird, so wird wenn die Temperatur sich gleich geblieben ist, dem Volumen nach nicht mehr Kohlensäuregas von dem Wasser aufgenommen sein, aber die 106 Cubikcentimeter Kohlensäuregas wiegen jetzt 393,2 oder 589,8 Gramm, also doppelt oder dreimal so viel, als vorher.

Sauſſure stellte ähnliche Versuche an, bei welchen er sich nur einer einfachen Barometerröhre von 2 Centimeter (8,8 Par. Linien) innerem Durchmesser bediente; er fand die Richtigkeit des Henry'schen Gesetzes nicht nur für Kohlensäuregas, das am stärksten verschluckbare Gas, mit welchem Henry operirt hatte, sondern auch für das schwefligsaure Gas bestätigt, welches eine beinahe 50mal stärkere Absorption als jenes erleidet. Ein Maß Wasser, das bei 0,73 Met. (26,967 Par. Zoll) Barometerhöhe und 18° C. Thermometerstand das 44fache seines Volumens an schwefligsaurem Gas absorbirte, nahm ebenfalls das 44fache seines Volumens von diesem Gas in sich auf, als es nur unter einem barometrischen Druck von 0,364 Meter (13,447 Par. Z.) bei derselben Temperatur stand. Ebenso verschluckte Lavendelöl bei einem Luftdruck von 0,175 Met. (6,4 Par. Z. das 1,9fache seines Volumens von Kohlensäuregas, und es absorbirte genau dieselbe Menge, als der Barometerdruck 0,73 Met. (27 Z.) betrug. Aehnliche Resultate gab auch Olivenöl mit Kohlensäuregas unter verschiedenen Graden des Luftdrucks.

Der Henry'sche Apparat hat später zur Messung der Spannkraft des mit Luft gemengten Dampfs von Flüssigkeiten durch Gay-Lussac und neuerdings durch Magnus einige Abänderungen erlitten (vergl. Dampf), welche den Apparat auch noch mehr zu Absorptionsversuchen geeignet machen, namentlich man mittelst des von Magnus angebrachten Hahnes das Gas so gut wie Flüssigkeit von unten eintreten lassen kann.

Die Temperatur verhält sich zu dem Absorptionsvermögen einer Flüssigkeit ganz ähnlich wie der Druck, so daß nämlich das Gewicht der minder verschluckbaren Gasarten, in Bezug auf eine bestimmte Quantität der absorbirenden Flüssigkeit und bei gleichem Luftdrucke, mit dem Steigen oder Fallen der Temperatur ab- oder zunimmt, während zugleich die Dichtigkeit der Gase vermindert oder vergrößert wird, und also das Volumen des von einer bestimmten Quantität der Flüssigkeit unter constantem Drucke aufgenommenen Gases bei jeder Temperatur sich gleich bleibt. Genaue Versuche zur nähern Prüfung dieses Satzes sind bisher nicht angestellt worden. Henry's hierher gehörige Versuche sind bereits oben (S. 23) mitgetheilt; sie scheinen jedoch nicht mit der nöthigen Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt worden zu sein. Er fand, daß die Absorption des kohlensauren Gases durch Zunahme der Temperatur in weit größerem Maße sich vermindere, als der angeführte Satz gestattet. Bei 12°,78 C. nämlich absorbirten 100 Maß Wasser 108 Maß Gas, bei 29°,44 C. 84 und bei 43°,33 C. nur 60 Maß, und

ungefähr 200 Maß Gas angewendet wurden, und sogar nur 45 Maß, wenn man 100 Maß Gas mit 100 Maß Wasser in Berührung brachte. Diese ungleiche Absorption, je nachdem die Menge des mit dem Wasser in Berührung gesetzten Gases größer oder kleiner ist, beweist, wie auch Henry selbst angiebt, daß sein Gas oder Wasser lufthaltig war, weil nach Dalton bei einem einzelnen unvermischten Gase die Menge des Rückstandes von keinem Einfluß auf die Absorption ist, wenn nur der Druck sich gleich bleibt. Henry zieht aus der Vergleichung der Versuche 1 und 2 (s. S. 23) den Schluß, daß für 4°,44 C. (10° F.) Wärme mehr, $^1/_{14}$ des bei 12°,78 C. absorbirbaren Gasvolumens weniger verschluckt wird. Jedoch ist sich diese Größe selbst für die von Henry mitgetheilten Resultate seiner Versuche nicht constant genug, um hieraus eine allgemeine Regel ableiten zu können, wie schon Gilbert *) angedeutet hat. Das angeführte Gesetz gilt natürlich nur bei verschlossenen Gefäßen, in welchen der Druck auf den Rückstand des Gases constant erhalten werden kann. Oeffnet man das Gefäß, so wird das Gas allmälig entweichen und zwar um so schneller, je höher die Temperatur steigt, am schnellsten beim Sieden der Flüssigkeit. Die Schnelligkeit, mit welcher das Gas ausgetrieben wird, und die Vollständigkeit des Entweichens desselben wird wesentlich dadurch bedingt, ob das Gas in der die Flüssigkeit umgebenden Atmosphäre schon enthalten ist oder nicht. Ist das Letztere der Fall, so wird das Gas aus der Flüssigkeit nach dem Sinken des Gefäßes beim Siedepunkt oder nach Dalton überhaupt, nur langsamer, bei jeder Temperatur entweichen, weil es eben in dem offenen Gefäße gar keinen Druck erleidet, indem nach Dalton's Ansicht bekanntlich jedes Gas gleichsam eine eigne Atmosphäre bildet, für sich frei gravitirt und unabhängig ist von den übrigen Gasen, mit welchen es gemengt ist. Ist dagegen das absorbirte Gas atmosphärische Luft, dann müßte Dalton's Theorie zufolge auch noch beim Sieden der Flüssigkeit eine bedeutende Quantität des Gases zurückgehalten werden, im lufthaltigen Wasser z. B. $^3/_{11}$ der bei 0° C. absorbirten Menge, wenn nicht eben diese zurückhaltende Kraft der Flüssigkeit dadurch vermindert würde, daß der obere Theil des Gefäßes mit dem Dampfe der Flüssigkeit angefüllt ist, welcher für das Gas gleichsam als leerer Raum wirkt, und daß durch die beständige Fortführung und Erneuerung dieses Dampfes allmälig das aufgelöste Gas, ähnlich wie unter der Glocke einer Luftpumpe, entfernt wird. Auf die Schwierigkeit, mit welcher das Wasser die letzten Spuren von atmosphärischer Luft fahren läßt, haben wir schon oben aufmerksam gemacht. Auch die Zusammensetzung derselben, je nachdem sie zuerst oder zuletzt aus dem Wasser ausgetrieben wurde, ist verschieden, indem der Sauerstoff mit größerer Kraft zurückgehalten wird, als der Stickstoff, und demgegen die zuletzt ausgetriebene Luft sauerstoffreicher ist, als die zuerst sich entwickelnde. Während nämlich in der vom Wasser aufgelösten Luft durch die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac im Ganzen 31 bis 32 Proc. Sauerstoff nachgewiesen wurden, fanden dieselben Physiker die in verschiedenen Abschnitten des Erhitzens des Wassers aus der Seine aufgefangenen Portionen: in der ersten 23,7, in der zweiten 27,4, in der dritten 30,2 und in der vierten 32,5 Proc. Sauerstoff. Bei dem Schneewasser fanden sie in der ersten Portion 24,0 und in der letzten 34,8 Theile Sauerstoffgas; ebenso enthielt die während der Auflösung von Kochsalz in Wasser sich entwickelnde Luft nur 22,5 Proc.,

*) Ann. Bd. XX. S. 156 f. Anm.

während die durch Kochen aus dem Salzwaſſer ausgetriebene 30,5 Proc. Sauerſtoff zeigte.

Es nimmt alſo die Abſorptionsfähigkeit einer Flüſſigkeit gegen die Gaſe im Allgemeinen zu mit dem Sinken der Temperatur, bis die Flüſſigkeit ihren Gefrierpunkt erreicht, bei welchem, bei dem Uebergange aus dem flüſſigen in den feſten Zuſtand, ſtets ein Theil des abſorbirten Gaſes ausgeſtoßen wird, indem die Verſchluckbarkeit des Gaſes in dieſem Momente eine plötzliche Aenderung zu erleiden ſcheint, wie dies namentlich bei dem Waſſer hinſichtlich der wenig verſchluckbaren Gaſe näher unterſucht worden iſt. Geſchmolzenes Eis giebt nach den Beobachtungen Humboldt's und Gay-Luſſac's nur halb ſo viel Luft her als gewöhnliches Waſſer, und dieſe Luft läßt es nicht eher fahren, als bis die Temperatur auf wenigſtens 60° erhöht worden iſt; die erſte Portion der ſo entbundenen Luft enthielt 27,5, die letzte 33,5 Proc. Sauerſtoffgas. Dieſelben Naturforſcher bemerkten ferner, daß Waſſer, indem es ſich zu Schnee condenſirt, wenige Luft austreibt, als wenn es zu Eis wird; das geſchmolzene Schneewaſſer gab ihnen nämlich die doppelte Menge Luft, als das geſchmolzene Eis, und beinahe ebenſoviel als das Waſſer der Seine; die Luft des Schneewaſſers enthielt in 5 nach einander aufgefangenen Portionen 24,0; 26,8; 29,6; 32,0 und 34,8 Proc. Sauerſtoffgas, im ganzen Volumen 28,7, während das Seinewaſſer an demſelben Tag nur Luft von der Reinheit 28,3 lieferte. Humboldt und Gay-Luſſac hatten es indeß für möglich, daß der Schnee zwiſchen ſeinen kleinen Kryſtallen eine gewiſſe Menge von Luft zurückbehalte, die er beim Schmelzen wiederum abſorbirt, indem es ſcheint, daß das Waſſer gerade im Augenblicke ſeines Gefrierens den größten Theil ſeiner Luft fahren läßt, eine Anſicht, der auch Carradori beiſtimmt, welcher behauptet *), daß beim Gefrieren des Waſſers zu Eis oder Schnee die Luft vollſtändig entweiche und daß alle Luft, welche man nach dem Schmelzen deſſelben erhält, ſich in den Zwiſchenräumen der Kryſtalle befunden habe, welche er durch den folgenden Verſuch wahrſcheinlich zu machen ſuchte. Er füllte etwa Schnee in eine Flaſche und, ſowie dieſer ſchmolz, immer mehr nach, bis die Flaſche mit Schnee, der größtentheils geſchmolzen war, ganz angefüllt war, goß dann ſogleich einige Zoll hoch Oel über das Waſſer und ließ das Ganze zur Temperatur des Zimmers kommen; darauf hob er das Oel ab, brachte einen Fiſch hinein und goß wieder Oel über das Waſſer; der Fiſch hatte kaum das Waſſer berührt, als er Zuckungen bekam und in wenig Augenblicken verſchied. Daſſelbe Verhalten bemerkte er auch, wenn er Eis oder Hagel ſtatt des Schnees anwendete. „Man ſieht hieraus offenbar," ſagt Carradori, „daß beim Frieren des Waſſers alle Sauerſtoffgas, welches das Waſſer enthielt, entweicht; denn die Fiſche ſterben in dem zergangenen Schnee, Eis und Hagel bloß deshalb, weil ſie darin nicht das zum Athmen nöthige Sauerſtoffgas finden." — Auch die vom Waſſer abſorbirte Kohlenſäure wird, nach einer Beobachtung von Brownrigge, beim Gefrieren deſſelben faſt vollſtändig wieder ausgetrieben. Zu den Thatſachen, welche für das vollſtändige oder theilweiſe Entweichen der von einer Flüſſigkeit abſorbirten Gaſe bei dem Uebergange derſelben in den ſtarren Zuſtand zu ſprechen ſcheinen, gehört auch das zuerſt von Samuel Lucas beobachtete und ſpäter von Gay-Luſſac beſtätigte ſogenannte Spritzen oder Spratzen des Silbers bei ſeinem plötz-

*) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 414.

lichen Erstarren, indem dieses in seinem flüssigen Zustande die Eigenschaft hat, Sauerstoffgas zu absorbiren, welches unter geeigneten Umständen beim Erstarren der Masse plötzlich wieder entweicht.

In dem Vorhergehenden haben wir hauptsächlich nur die Erscheinungen näher betrachtet, welche die Gase darbieten, die von Flüssigkeiten nur in geringem Grade, höchstens zu wenigen Volumen, verglichen mit dem Volumen der Flüssigkeit, absorbirt werden; und die von Henry, Dalton ꝛc. aufgestellten Gesetze beziehen sich auch nur auf diese Gase, indem diejenigen, welche in viel größerem Maße von Wasser und namentlich Alkohol aufgenommen werden, Abweichungen von jenen allgemeinen Regeln zeigen, welche nur in einer chemischen Verwandtschaftsthätigkeit zwischen den absorbirenden und absorbirten Stoffen ihre Erklärung zu finden scheinen. Hierher gehören namentlich das Ammoniakgas, das Chlorwasserstoffgas, das schwefligsaure Gas, das Chlorgas ꝛc. Freilich hat Sauſſure auch für das schwefligsaure Gas, welches fast in 50mal größerer Menge vom Wasser absorbirt wird, als das Kohlensäuregas, das von Henry aufgestellte Gesetz (s. oben) bestätigt gefunden; und im Allgemeinen richtet sich auch bei den stark absorbirbaren Gasen die Verschluckbarkeit nach der Temperatur und dem Luftdrucke, bei welchem dieselbe untersucht wird; ebenso entbindet sich zuweilen auch beim Gefrieren des Wassers ein Theil dieser in demselben aufgelösten Gase; diese Erscheinungen sind jedoch, wie gesagt, nicht an jene oben angeführte Regelmäßigkeit gebunden, wie man sie hinsichtlich der im geringeren Grade verschluckbaren Gase bemerkt hat. Das Gefrieren z. B. des mit schwefligsaurem Gase gesättigten Wassers tritt einige Grad unter 0 ein; die wässerige Lösung des Chlorwasserstoffgases erstarrt bei dem Gefrierpunkte des Quecksilbers, die des Ammoniakgases bei — 40° C.; in allen diesen Fällen scheint bei dem Uebergange in den festen Zustand kein Gas zu entweichen, und vielleicht mag hiervon die Bildung einer chemischen Verbindung die Ursache sein, indem namentlich bei dem Ammoniakwasser der Gefrierpunkt demjenigen, bei welchem das Gas flüssig wird, nahe liegt; auch hat Faraday bekanntlich bemerkt, daß das Chlorwasser, welches etwas unter 0° gefriert, hierbei in chlorfreies Wasser und Chlorhydrat zerfällt. Das Wasser hat im gefrornen Zustande für diese Gase ferner keineswegs seine Absorptionskraft verloren, sondern scheint dieselben fast ebenso stark zu verschlucken, als im flüssigen Zustande; es wird hierbei so viel Wärme frei, daß das Eis sogleich schmilzt. — Im Allgemeinen nimmt das Wasser von den stark verschluckbaren Gasen um so mehr auf, je niedriger die Temperatur ist, bei welcher der Versuch vorgenommen wird, und hiermit in Verbindung stehend liegt der Siedepunkt der Flüssigkeit um so niedriger, je größer der Gasgehalt derselben ist. Nur die wässerige Lösung des Chlorwasserstoffgases zeigt hiervon eine bemerkenswerthe Ausnahme, indem diese Flüssigkeit bei einem Gehalt an Gas von 19 Gewichtsprocenten den höchsten Siedepunkt, nämlich 110° C. hat, und zwar ist dieser Siedepunkt bei diesem Gehalte constant; die Flüssigkeit verdampft dann als ein Ganzes, als eine wirkliche chemische Verbindung; bei größerem oder geringerem Gasgehalt liegt der Siedepunkt stets unter 110°, er steigt aber während des Siedens wieder zu jener Höhe hinauf, bei welcher er dann stehen bleibt (Dalton, Mitſcherlich). Man sieht aus dieser Thatsache, daß die Kraft, welche das Gas in der Flüssigkeit zurückhält, nicht allein die des auf dieselbe einwirkenden Luftdrucks sein kann; jener constante Siedepunkt, ebenso wie die bei der Absorption des Gases beobachtete Wärmeentwicklung könnte

die Anſicht rechtfertigen, welche hier die Bildung einer wirklichen chemiſchen Verbindung annähme, wenn nicht das Gewichtsverhältniß des Gaſes zum Waſſer, indem hiernach 1 Atom Gas mit 17,25 Atomen Waſſer ſich vereinigte, offenbar für die Unwahrſcheinlichkeit jener Anſicht zeugte. Die vielbeſprochene Streitfrage, die zuerſt zwiſchen Dalton und Berthollet der Gegenſtand einer lebhaften und geiſtreichen Erörterung wurde, ob nämlich die Abſorption der Gaſe durch Flüſſigkeiten im Allgemeinen die Folge einer rein mechaniſchen Anziehung oder als Wirkung einer chemiſchen Verwandtſchaft zu betrachten ſei, können wir hier, abgeſehen von dem geringen Erfolge, den eine ſolche Unterſuchung bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wiſſenſchaft haben möchte, um ſo mehr mit Stillſchweigen übergehen, da das vorliegende Werk eine vollſtändige und klare Ueberſicht der ſorgfältig ausgeführten Verſuche und Beobachtungen zu geben, nicht aber eine fruchtloſe Kritik theoretiſcher Anſichten, über welche ſich gegenwärtig noch kein entſcheidendes Urtheil fällen läßt, zu liefern beſtimmt iſt.

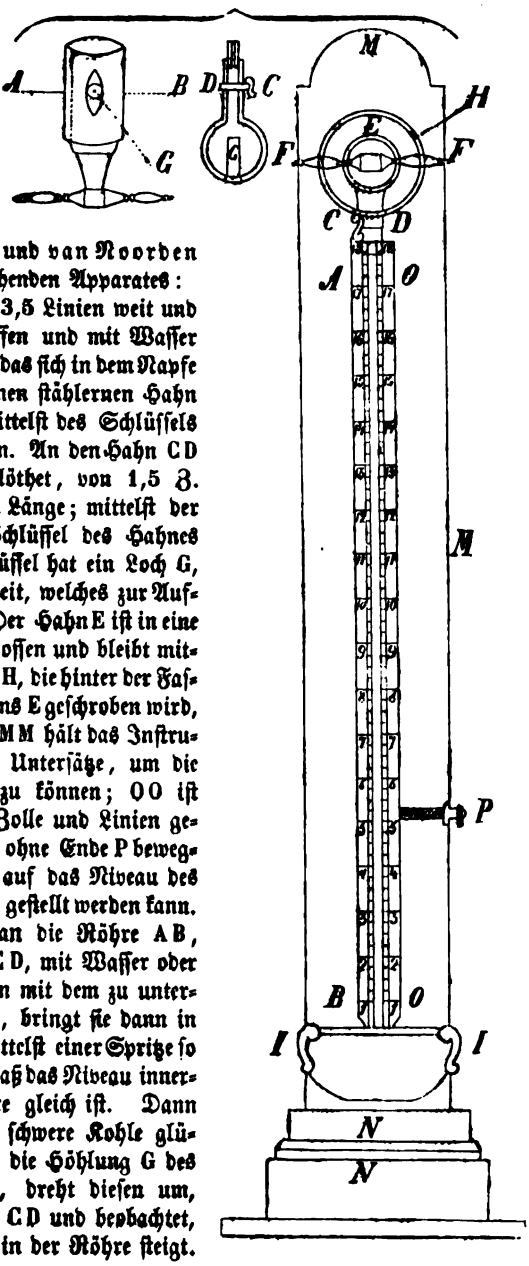
II. Abſorption der Gaſe durch ſtarre Körper.

Alle feſten poröſen Körper beſitzen das Vermögen, gasförmige Körper zu abſorbiren und in ſich zu condenſiren, in einem größeren oder geringeren Grade Am auffallendſten tritt dieſe Eigenſchaft bei der Kohle hervor. Dieſelbe wurde gegen das Jahr 1777 von Fontana und, wie es ſcheint, gleichzeitig und unabhängig von ihm von Scheele entdeckt. Spätere mehr oder weniger ausführliche und genaue Unterſuchungen über dieſes Verhalten der Kohle gegen gasförmige Körper rühren von Prieſtley, Morveau, Morozzo *), Delametherie **), Rouppe und van Noorden ***), Parrot, van Mons, Brugnatelli, Vogel und vor Allen von Th. de Sauſſure †) her.

Fontana, Vogel, Sauſſure u. A. ſtellten ihre Verſuche mit einer Kohle an, welche ſie glühend unter Queckſilber tauchten und nach dem Erkalten in das zu abſorbirende Gas brachten, ohne ſie mit der atmoſphäriſchen Luft in Berührung kommen zu laſſen. Sauſſure bediente ſich namentlich der Kohle von Buchbaumholz, deren Verdichtungsvermögen vorzüglich ſtark iſt und die bei dieſem Ablöſchen auch nur ſo wenig Queckſilber in ſich aufnimmt, daß ſie immer leicht genug bleibt, um auf Waſſer zu ſchwimmen. Ferner wandte Sauſſure noch eine andere Methode an, beſonders bei ſeinen Verſuchen über den Einfluß des Luftdruckes auf die Gasverdichtung durch die Kohle, und erhielt mit Hülfe derſelben beinahe die nämlichen Reſultate, wie durch das Glühen der Kohle. Er brachte nämlich die Buchsbaumkohle, welche mehrere Tage an der freien Luft gelegen hatte, unter einen Recipienten, der mittelſt Talg auf dem Teller der Luftpumpe anſchloß, pumpte aus, brachte dann den Recipienten nebſt dem Teller, deſſen Hahn verſchloſſen war, unter Queckſilber, öffnete den Hahn und ſchob endlich die Kohlen in das mit einem Gaſe gefüllte, über Queckſilber befindliche Gefäß. Auch kann man nach ihm die Glocke mit der Kohle in eine mit Queckſilber gefüllte Schale ſetzen und das Ganze unter einen gewöhnlichen Recipienten der Luftpumpe bringen. Nachdem man die Luft aus dem großen Recipienten und mithin aus

*) Journ. de Phys. T. XXIII. p. 368 u. T. LVIII. p. 380.
**) Journ. de Phys. T. XXX.
***) Journ. de Phys. T. LVIII. u. Ann. de Chim. T. XXXIV.
†) Gilb. Ann. Bd. XLVII. S. 113—162.

aus dem kleinen ausgepumpt hat, wird wieder die äußere Luft hineingelaſſen, welche das Queckſilber aus der Schale in den kleinen Recipienten hinauftreibt, welcher dann mit der Schale und der luftleeren Kohle unter das Queckſilber der pneumatiſchen Wanne gebracht werden kann. Auf dieſe Weiſe erhält man aber kein ſo vollkommenes Vacuum, wie mit dem erſten Verfahren, wegen des Druckes, den das in der Schale befindliche Queckſilber ausübt.



Morozzo und in ähnlicher Weiſe Rouppe und van Noorden bedienten ſich des nebenſtehenden Apparates:

Die Glasröhre AB, 3,5 Linien weit und 18 Z. hoch, iſt unten offen und mit Waſſer oder Queckſilber ſperrbar, das ſich in dem Napfe II befindet, oben an einen ſtählernen Hahn CD gekittet, den man mittelſt des Schlüſſels öffnen und ſchließen kann. An den Hahn CD iſt ein größerer E angelöthet, von 1,5 Z. Durchmeſſer und faſt 3 Z. Länge; mittelſt der Kurbel FF wird der Schlüſſel des Hahnes umgedreht. Dieſer Schlüſſel hat ein Loch G, 1 Z. 3 L. tief und 6 L. weit, welches zur Aufnahme der Kohle dient. Der Hahn E iſt in eine Faſſung von Holz eingeſchloſſen und bleibt mittelſt der Schraubenmutter H, die hinter der Faſſung auf das Ende des Hahns E geſchroben wird, befeſtigt. Die Faſſung MMM hält das Inſtrument lothrecht; NN ſind Unterſätze, um die Schale II höher heben zu können; OO iſt eine Scale auf Holz, in Zolle und Linien getheilt, durch die Schraube ohne Ende P beweglich gemacht, ſo daß ſie auf das Niveau des Queckſilbers in der Schale geſtellt werden kann. Beim Gebrauche füllt man die Röhre AB, bei geſchloſſenem Hahne CD, mit Waſſer oder beſſer mit Queckſilber, dann mit dem zu unterſuchenden Gaſe ganz voll, bringt ſie dann in die Schale II und zieht mittelſt einer Spritze ſo viel Gas aus der Röhre, daß das Niveau innerund außerhalb der Röhre gleich iſt. Dann macht man eine 36 Gr. ſchwere Kohle glühend, bringt ſie dann in die Höhlung G des Schlüſſels vom Hahn E, dreht dieſen um, öffnet hierauf den Hahn CD und beobachtet, wie hoch das Queckſilber in der Röhre ſteigt.

100 Maß luftleeres Wasser absorbirten bei 18° C.

1) von 434 Maß eines Gemenges aus gleichen Theilen Kohlensäuregas und Wasserstoffgas 47,5 Maß, und zwar von dem erstern Gase 44, von dem zweiten 3,5 Maß;

2) von 390 Maß eines Gemenges aus gleichen Theilen Kohlensäuregas und Sauerstoffgas 47,1 Maß von dem erstern und 5 Maß des zweiten, im Ganzen also 52,1 Maß;

3) von 357,6 Maß eines Gemenges aus Kohlensäuregas und Stickstoffgas 43,9 Maß des erstern und 3,3 Maß des zweiten Gases, im Ganzen also 47,2 Maß.

Vergleicht man den Raum, den die vereinigten Gase im Wasser einnehmen, mit demjenigen, der ihnen nach den oben angeführten Versuchen zukommt, so findet man, daß die Gegenwart des einen Gases die Absorption des andern begünstigt, insofern man auf den relativen Raum sieht, den jedes derselben in dem Wasser einnimmt. Saussure bemerkt, in Bezug auf die so eben angeführten Resultate seiner Versuche, daß keins derselben Dalton's Theorie entspricht, welcher zufolge das Volumen des verschluckten kohlensauren Gases nur halb so groß als das der absorbirenden Flüssigkeit, und auch die absorbirten Volumina der andern Gase viel kleiner hätten sein sollen, als sie sich aus seinen Beobachtungen ergeben haben. Es ist jedoch hier zu bemerken, daß die Beobachtungen Saussure's keineswegs mit den weiter unten anzuführenden Untersuchungen von Humboldt und Gay-Lussac völlig übereinstimmen, und daß überhaupt die bisher ausgeführten Absorptionsversuche durchaus nicht den Grad von Genauigkeit besitzen, welcher nothwendig wäre, damit sie als entscheidende Beweise gegen die Dalton'sche Theorie aufgeführt werden könnten. Uebrigens ist Dalton der Ansicht, daß seine Theorie gerade durch die mitgetheilten Versuche Saussure's bestätigt werde, und in der That stimmen die aus denselben für die Kohlensäure berechneten Werthe (98,3; 107,6 und 1,01) so ziemlich mit dem Ergebniß des unmittelbaren Versuchs = 106 überein; und bei den so wenig absorbirbaren Gasen, wie Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Stickstoffgas, ist schwer zu entscheiden, ob nicht der Ueberschuß, der sich ergeben hat, ebenso gut einem Beobachtungsfehler, als der Unrichtigkeit der Theorie zuzuschreiben wäre. — Bei der gleichzeitigen Absorption zweier oder mehrerer Gase durch das Wasser kann man nicht annehmen, daß hierbei eine chemische Verbindung der erstern gebildet werde; wenn z. B. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, die in dem Verhältnisse gemischt worden sind, wie es zur Wassererzeugung nöthig ist, bei ihrer Verdichtung durch eine Flüssigkeit Wasser zu bilden vermöchten, so müßte ihre Absorption ins Unbestimmte fortgehen. Durch heftiges Schütteln bringt man aber die Verschluckung dieses Gasgemisches durch Wasser in wenig Minuten zu Stande, so daß sie sich durch ein viel längeres Schütteln nicht vermehren läßt; sie betrug nach Saussure nie über 5,24 Procent des Volumens der Flüssigkeit. Dasselbe Verhalten zeigt sich bei den gasförmigen Bestandtheilen des Ammoniaks und der Salpetersäure; selbst die Beimischung eines Alkali oder einer Säure zum Wasser ist nicht vermögend, jene Verbindungen zu bewerkstelligen. Allein wir kennen noch nicht die Wirkungen, welche eine Berührung von mehreren Monaten oder Jahren zwischen diesen Gasen und der Flüssigkeit hervorbringen würde; und ebenso wenig wissen wir von den Wirkungen atmosphärischer Einflüsse an der bloßen freien Luft (Saussure a. a. O.). In Betreff

der Einwirkung einer längeren Berührung der absorbirenden Flüssigkeit mit den Gasen mögen hier noch einige Versuche De Marty's Erwähnung finden, welche Biot *) mittheilt, und aus denen er das Resultat ableitet, daß dieselbe Masse Wasser, welche gleich anfangs nur eine gewisse Menge Sauerstoffgas zu absorbiren vermag, mit der Zeit eine ansehnlichere Menge verschlucken kann. De Marty stellte seine Versuche nach der folgenden Methode an: Er brachte in eine gläserne, mit eingeriebenem und vollkommen schließendem Stöpsel versehene Flasche Regenwasser und Sauerstoffgas, gleichviel in welchem Verhältnisse und ob jenes gekocht war oder nicht. Nachdem er wiederholt den Inhalt der Flasche geschüttelt und nach jedesmaligem Schütteln dieselbe unter Wasser geöffnet hatte, wurde zuletzt das Wasser in der Flasche gesättigt und verschluckte kein Gas weiter. Er verschloß die Flasche und ließ sie 2 oder 3 Tage ruhig stehen, nach welcher Zeit er sie wieder unter Wasser öffnete und ein Hineindringen des Wassers bemerkte; bei der Wiederholung dieser Operation in kürzeren oder längeren Zwischenräumen fand er immer, daß ein neuer Antheil Gas verschluckt worden war, und zwar desto mehr, je länger er die Flasche uneröffnet hatte stehen lassen. Dasselbe fand mit Wasserstoffgas statt; nach 2 Jahren war das Volumen des absorbirten Gases noch nicht dem Volumen des absorbirenden Wassers gleich. Mit Sauerstoffgas geschwängertes Wasser war geeigneter, Wasserstoffgas zu verschlucken, und so umgekehrt (unter diesen die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac). Es scheint also nach diesen Versuchen, daß das Gas anfangs nur schwach gebunden ist, daß dagegen die fortwährende Einwirkung des Wassers die Elasticität des Gases mehr und mehr vermindert, es, so zu sagen, zusammenzieht und tiefer in die Anziehungssphäre seiner Theilchen hinein bringt, wodurch das Wasser fähig wird, eine neue Quantität dieses Gases zu absorbiren (Biot). Mit Stickstoffgas fanden nach De Marty diese Wirkungen nicht statt; war das Wasser einmal eine Zeit lang mit demselben geschüttelt worden, so verschluckte es davon nichts mehr, so lange er es auch mit diesem Gas in Berührung ließ. Mit Stickstoffgas geschwängertes Wasser verschluckte Wasserstoffgas oder Sauerstoffgas, womit man es in Berührung brachte, ohne das Stickgas, welches es enthielt, fahren zu lassen. Zwar entwich im Anfange der Absorption des andern Gases ein wenig Stickstoffgas; schüttelte man aber das Wasser und die Gasarten, so trat alles Stickstoffgas, das sich zuvor in dem Wasser befand, wieder in dasselbe zurück, und nahm dort seinen alten Platz ein, unabhängig von dem Wasserstoffgas oder dem Sauerstoffgas, welches das Wasser überdies verschluckt hatte. Dieses fand De Marty durch so viele Versuche bestätigt, daß sich, seiner Meinung nach, auf die bloße verschluckende Eigenschaft des Wassers eine genaue Zerlegung der atmosphärischen Luft gründen ließe, er glaubte nämlich, daß dazu weiter nichts nöthig sei, als daß man das Wasser zuvor mit Stickstoffgas schwängere; es verschluckte dann genau 0,21 des Volumens atmosphärischer Luft, welche man mit demselben in Berührung bringt; und dasselbe soll auch dann der Fall sein (nur daß eine längere Zeit dazu erforderlich ist), wenn man Wasser anwendet, welches, statt mit reinem Stickstoffgas, mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft geschwängert ist. Mit den so eben mitgetheilten Beobachtungen sind jedoch die Resultate, zu denen Berger **) und namentlich Hum-

*) Ann. de Chimie, Mars 1807, p. 271 (s. a. Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 417 ff.).
**) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 168 ff.

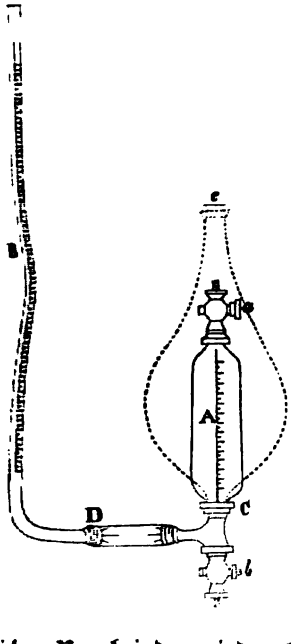
boldt und Gay-Luſſac *) gelangten, nicht recht in Einklang zu bringen Die letzteren Naturforſcher ſetzten mit einem gleichen Volumen ſchon mit Luft ver ſehenen Seinewaſſers 100 Theile Sauerſtoffgas in Berührung; nach 6 bis 1 Tagen waren 40 Theile abſorbirt, und die 60 Theile des Rückſtandes enthielte nur 23 Th. Sauerſtoffgas, dagegen 37 Th. Stickſtoffgas. Von den anfängliche 100 Theilen Sauerſtoffgas hatten ſich folglich über dem Seinewaſſer 77 Theil verloren und dafür waren 37 Theile Stickſtoffgas aus dem Waſſer ausgetriebe worden. Auf Waſſerſtoffgas ſchien das Waſſer wenig oder gar nicht zu wirker Reines Stickſtoffgas verlor über dem Waſſer 0,02 bis 0,03 ſeines Volumen und der Rückſtand enthielt 11 Theile Sauerſtoffgas; dieſe waren alſo durch 1 Theile Stickſtoffgas aus dem Waſſer getrieben worden. Folglich ſetzt Stickſtoffga das Sauerſtoffgas aus ſeiner Verbindung mit dem Waſſer, ſowie umgekehrt Sauer ſtoffgas das Stickſtoffgas. Die Wirkung iſt ähnlich, aber die Mengen des Abſor birten und des Ausgetriebenen ſind verſchieden. Dieſe Verſuche geben die Abſorp tion des Sauerſtoffgaſes in Bezug auf die des Stickgaſes bedeutend größer an, al Sauſſure gefunden hatte. Auch die Wirkung des Waſſers auf ein Gemiſch vo Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas wurde von Humboldt und Gay-Luſſa unterſucht. Das Gasvolumen verminderte ſich am ſtärkſten, wenn das Sauerſtoff gas vorherrſchte, wenn z. B. 200 Theile Sauerſtoffgas mit 100 Th. Waſſer ſtoffgas gemiſcht worden waren. Auch hierbei wurde jedesmal Stickſtoffgas au dem Waſſer ausgetrieben; in 100 Th. des Rückſtandes eines Gemiſches aus glei chen Theilen beider Gasarten fanden ſich 20 Th. Stickſtoffgas, 50 Th. Waſſer ſtoffgas und 30 Th. Sauerſtoffgas. Je mehr Sauerſtoffgas verſchluckt war, deſt mehr fand ſich ſtets an Stickſtoffgas vor. Ein Volumen aus 400 Th. Sauerſtoff gas und 200 Th. Waſſerſtoffgas verminderte ſich über Seinewaſſer in 10 Tage bis auf 562 Th., und ſtatt noch 375 Th. vom erſtern und 187 Th. vom letztern Gaſe zu enthalten, enthielt es 246 Th. Stickſtoffgas, 142 Th. Waſſerſtoffga und nur 174 Th. Sauerſtoffgas. Humboldt und Gay-Luſſac fügen dieſe Beobachtungen noch die folgenden Bemerkungen bei: Auf ein Gemiſch von Sauer ſtoffgas und Stickſtoffgas wirkt das Waſſer im Ganzen weniger, als auf Miſchun gen von Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas; ein Umſtand, der minder überraſch wenn man einen Blick auf das Ganze dieſer Phänomene wirft. Sie zeigen i Waſſer ein beſtändiges Beſtreben, ſich mit den Gasarten, mit denen es in Berüh rung iſt, ins Gleichgewicht zu ſetzen. Bringt man Sauerſtoffgas darüber, ſo läß es Stickſtoffgas fahren; ſetzt man es mit Stickſtoffgas in Berührung, ſo giebt e Sauerſtoffgas her. Von einer Miſchung aus Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffga verſchluckt es einen Theil und entbindet dafür Stickſtoffgas. Immer ſtrebt es, da Miſchungsverhältniß der Luft, welche es ſchon aufgelöſt enthält, nach der Natu des Gaſes abzuändern, mit welchem es in Berührung kommt. Da nun das Waſſe der Seine ſchon mit einer Miſchung aus Sauerſtoffgas und Stickſtoffgas geſchwän gert iſt, ſo iſt es ſehr natürlich, daß es auf eine Miſchung aus Waſſerſtoffgas un Sauerſtoffgas eine ſtärkere Wirkung äußert, als auf ein Gemiſch aus Stickſtoffga und Sauerſtoffgas.

Von atmoſphäriſcher Luft werden nach Sauſſure 5 Proc. des Volumen des Waſſers von dieſem verſchluckt, und zwar ſind in dem abſorbirten Gemenge be

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 139 ff.

dem deſtillirten, Regen- und fließenden Waſſer ſtets ungefähr 31 Proc. Sauerſtoff vorhanden, wie dies ſchon aus den von Humboldt und Gay-Luſſac ausgeführten Verſuchen ſich ergab, ein Verhältniß, das durch alle ſpäteren Analyſen Beſtätigung fand und nach den neueren Unterſuchungen von Morren*) und Levy**) nur bei ſtehenden Gewäſſern und im Meerwaſſer zuweilen beträchtlichen Abänderungen unterliegt, die durch die Anweſenheit einer eigenthümlichen organiſchen, vegetabiliſchen oder thieriſchen Materie, welche je nach den Umſtänden eine Entwicklung oder Abſorption des Sauerſtoffgaſes bewirkt, bedingt zu ſein ſcheint.

2) Einfluß des äußeren Luftdruckes und der Temperatur. Henry bediente ſich bei ſeinen Verſuchen über den Einfluß des Druckes auf die Abſorption der Gaſe durch das Waſſer des bereits beſchriebenen Apparates, der



nur mit einer viel längeren Röhre B verſehen war, um mittelſt des Queckſilbers in derſelben das Gas und das Waſſer, von bekannter Temperatur, im Glaſe A unter beliebigen Druck verſetzen zu können. Nachdem zuerſt das Gas auf die oben beſchriebene Art hineingelaſſen und durch Oeffnen des Hahnes b das Queckſilber in beiden Schenkeln ins Niveau gebracht worden war, goß er ſo viel Queckſilber in B nach, bis es hier 28 oder zweimal 28 Zoll höher ſtand, als in A (wodurch ein zwei- oder dreifacher Atmoſphärendruck ausgeübt wurde), ſchüttelte dann ſtark, während er in B ſo viel Queckſilber nachgoß, als nöthig war, um daſſelbe auf ſeinem Stande zu erhalten, und beſtimmte nach der Scala A, noch genauer aber aus der Menge des nachgegoſſenen Queckſilbers, die Größe der Abſorption. Das Waſſer, welches auf dieſe Art unter dem dreifachen Luftdrucke mit einem Gas geſchwängert war, brauſte heftig auf, wenn man den Hahn b öffnete und das Queckſilber in beiden Schenkeln ſich ins Niveau ſetzen ließ; doch dauerte es einige Zeit, bevor das durch größeren Druck hineingezwängte Gas daraus wieder völlig entwich. Um bei den minder condenſirbaren Gasarten eine Zunahme der Abſorption mit vermehrtem Drucke wahrzunehmen, war ein weiteres, in der Figur durch die punktirten Linien angedeutetes Gefäß nöthig, das wenigſtens 50 Cubikzoll Inhalt hatte; es war bei C mit einem Hahne und einer Schraube verſehen. Mit Hülfe dieſer Apparate ſtellte Henry mehr als 50 Verſuche an, mit Kohlenſäuregas, mit Schwefelwaſſerſtoffgas, Stickſtoffoxydulgas, Sauerſtoffgas und Stickſtoffgas. Aus den Reſultaten dieſer Verſuche ergab ſich das allgemeine Geſetz: Bei einerlei Temperatur nimmt Waſſer unter jedem Drucke daſſelbe Volumen an Gas auf, als unter dem gewöhnlichen Luftdrucke; oder da die Dichtigkeit des Gaſes immer dem Drucke proportional iſt: ein Gasvolu-

*) *Ann. de Ch. et de Phys. Nouv. Sér. XII. 5.*
**) *Journ. f. prakt. Chemie XXX. 207.*

men, das unter dem gewöhnlichen Luftdrucke im Verhältniß der zusammendrückenden Kraft steht. Das Wasser absorbirt z. B. bei 18° C. unter gewöhnlichem Luftdrucke 106 Cubikcentimeter Kohlensäuregas, welche bei einem Barometerstande von 0,76 Meter 196,6 Gramme wiegen. Wird nun das Gas mit dem Wasser in dem Compressionsgefäße zusammengedrückt, bis die Quecksilbersäule gleich 1,52 oder 2,28 Meter wird, so wird, wenn die Temperatur sich gleich geblieben ist, dem Volumen nach nicht mehr Kohlensäuregas von dem Wasser aufgenommen sein, aber die 106 Cubikcentimeter Kohlensäuregas wiegen jetzt 393,2 oder 589,8 Gramm, also doppelt oder dreimal so viel, als vorher.

Sauſſure stellte ähnliche Versuche an, bei welchen er sich nur einer einfachen Barometerröhre von 2 Centimeter (8,8 Par. Linien) innerem Durchmesser bediente; er fand die Richtigkeit des Henry'schen Gesetzes nicht nur für Kohlensäuregas, das am stärksten verschluckbare Gas, mit welchem Henry operirt hatte, sondern auch für das schwefligsaure Gas bestätigt, welches eine beinahe 50mal stärkere Absorption als jenes erleidet. Ein Maß Wasser, das bei 0,73 Meter (26,967 Par. Zoll) Barometerhöhe und 18° C. Thermometerstand das 44fache seines Volumens an schwefligsaurem Gas absorbirte, nahm ebenfalls das 44fache seines Volumens von diesem Gas in sich auf, als es nur unter einem barometrischen Druck von 0,364 Meter (13,447 Par. Z.) bei derselben Temperatur stand. Ebenso verschluckte Lavendelöl bei einem Luftdruck von 0,175 Met. (6,4 Par. Z.) das 1,9fache seines Volumens von Kohlensäuregas, und es absorbirte genau dieselbe Menge, als der Barometerdruck 0,73 Met. (27 Z.) betrug. Aehnliche Resultate gab auch Olivenöl mit Kohlensäuregas unter verschiedenen Graden des Luftdrucks.

Der Henry'sche Apparat hat später zur Messung der Spannkraft des mit Luft gemengten Dampfs von Flüssigkeiten durch Gay-Luſſac und neuerdings durch Magnus einige Abänderungen erlitten (vergl. Dampf), welche den Apparat auch noch mehr zu Absorptionsversuchen geeignet machen, namentlich da man mittelst des von Magnus angebrachten Hahnes das Gas so gut wie die Flüssigkeit von unten eintreten lassen kann.

Die Temperatur verhält sich zu dem Absorptionsvermögen einer Flüssigkeit ganz ähnlich wie der Druck, so daß nämlich das Gewicht der minder verschluckbaren Gasarten, in Bezug auf eine bestimmte Quantität der absorbirenden Flüssigkeit und bei gleichem Luftdrucke, mit dem Steigen oder Fallen der Temperatur ab- oder zunimmt, während zugleich die Dichtigkeit der Gase vermindert oder vergrößert wird, und also das Volumen des von einer bestimmten Quantität der Flüssigkeit unter constantem Drucke aufgenommenen Gases bei jeder Temperatur sich gleich bleibt. Genaue Versuche zur nähern Prüfung dieses Satzes sind bisher nicht angestellt worden. Henry's hierher gehörige Versuche sind bereits oben (S. 23) mitgetheilt; sie scheinen jedoch nicht mit der nöthigen Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt worden zu sein. Er fand, daß die Absorption des kohlensauren Gases mit Zunahme der Temperatur in weit größerem Maße sich vermindere, als der angeführte Satz gestattet. Bei 12°,78 C. nämlich absorbirten 100 Maß Wasser 108 Maß Gas, bei 29°,44 C. 84 und bei 43°,33 C. nur 60 Maß, wenn

ungefähr 200 Maß Gas angewendet wurden, und sogar nur 45 Maß, wenn man 100 Maß Gas mit 100 Maß Wasser in Berührung brachte. Diese ungleiche Absorption, je nachdem die Menge des mit dem Wasser in Berührung gesetzten Gases größer oder kleiner ist, beweist, wie auch Henry selbst angiebt, daß sein Gas oder Wasser lufthaltig war, weil nach Dalton bei einem einzelnen unvermischten Gase die Menge des Rückstandes von keinem Einfluß auf die Absorption ist, wenn nur der Druck sich gleich bleibt. Henry zieht aus der Vergleichung der Versuche 1 und 2 (s. S. 23) den Schluß, daß für 4°,44 C. (10° F.) Wärme mehr, $^1/_{14}$ des bei 12°,78 C. absorbirbaren Gasvolumens weniger verschluckt wird. Jedoch zeigt sich diese Größe selbst für die von Henry mitgetheilten Resultate seiner Versuche nicht constant genug, um hieraus eine allgemeine Regel ableiten zu können, wie schon Gilbert *) angedeutet hat. Das angeführte Gesetz gilt natürlich nur bei verschlossenen Gefäßen, in welchen der Druck auf den Rückstand des Gases constant erhalten werden kann. Oeffnet man das Gefäß, so wird das Gas allmälig entweichen und zwar um so schneller, je höher die Temperatur steigt, am schnellsten beim Sieden der Flüssigkeit. Die Schnelligkeit, mit welcher das Gas ausgetrieben wird, und die Vollständigkeit des Entweichens desselben wird wesentlich dadurch bedingt, ob das Gas in der die Flüssigkeit umgebenden Atmosphäre schon enthalten ist oder nicht. Ist das Letztere der Fall, so wird das Gas aus der Flüssigkeit nach dem Oeffnen des Gefäßes beim Siedepunkt oder nach Dalton überhaupt, nur langsamer, bei jeder Temperatur entweichen, weil es eben in dem offenen Gefäße gar keinen Druck erleidet, indem nach Dalton's Ansicht bekanntlich jedes Gas gleichsam eine eigne Atmosphäre bildet, für sich frei gravitirt und unabhängig ist von den übrigen Gasen, mit welchen es gemengt ist. Ist dagegen das absorbirte Gas atmosphärische Luft, dann müßte Dalton's Theorie zufolge auch noch beim Sieden der Flüssigkeit eine bedeutende Quantität des Gases zurückgehalten werden, im lufthaltigen Wasser z. B. $^3/_{11}$ der bei 0° C. absorbirten Menge, wenn nicht eben diese zurückhaltende Kraft der Flüssigkeit dadurch vermindert würde, daß der obere Theil des Gefäßes mit dem Dampfe der Flüssigkeit angefüllt ist, welcher für das Gas gleichsam als leerer Raum wirkt, und daß durch die beständige Fortführung und Erneuerung dieses Dampfes allmälig das aufgelöste Gas, ähnlich wie unter der Glocke einer Luftpumpe, entfernt wird. Auf die Schwierigkeit, mit welcher das Wasser die letzten Spuren von atmosphärischer Luft fahren läßt, haben wir schon oben aufmerksam gemacht. Auch die Zusammensetzung derselben, je nachdem sie zuerst oder zuletzt aus dem Wasser ausgetrieben wurde, ist verschieden, indem der Sauerstoff mit größerer Kraft zurückgehalten wird, als der Stickstoff, und demzufolge die zuletzt ausgetriebene Luft sauerstoffreicher ist, als die zuerst sich entwickelnde. Während nämlich in der vom Wasser aufgelösten Luft durch die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac im Ganzen 31 bis 32 Proc. Sauerstoff nachgewiesen wurden, fanden dieselben Physiker die in verschiedenen Abschnitten des Erhitzens des Wassers aus der Seine aufgefangenen Portionen: in der ersten 23,7, in der zweiten 27,4, in der dritten 30,2 und in der vierten 32,5 Proc. Sauerstoff. Bei dem Schneewasser fanden sie in der ersten Portion 24,0 und in der letzten 34,8 Theile Sauerstoffgas; ebenso enthielt die während der Auflösung von Kochsalz in Wasser sich entwickelnde Luft nur 22,5 Proc.,

*) Ann. Bd. XX. S. 156 f. Anm.

während die durch Kochen aus dem Salzwasser ausgetriebene 30,5 Proc. Sauerstoff zeigte.

Es nimmt also die Absorptionsfähigkeit einer Flüssigkeit gegen die Gase im Allgemeinen zu mit dem Sinken der Temperatur, bis die Flüssigkeit ihren Gefrierpunkt erreicht, bei welchem, bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand, stets ein Theil des absorbirten Gases ausgestoßen wird, indem die Verschluckbarkeit des Gases in diesem Momente eine plötzliche Aenderung zu erleiden scheint, wie dies namentlich bei dem Wasser hinsichtlich der wenig verschluckbaren Gase näher untersucht worden ist. Geschmolzenes Eis giebt nach den Beobachtungen Humboldt's und Gay-Lussac's nur halb so viel Luft her, als gewöhnliches Wasser, und diese Luft läßt es nicht eher fahren, als bis die Temperatur auf wenigstens 60° erhöht worden ist; die erste Portion der so entbundenen Luft enthielt 27,5, die letzte 33,5 Proc. Sauerstoffgas. Dieselben Naturforscher bemerkten ferner, daß Wasser, indem es sich zu Schnee condensirt, weniger Luft austreibt, als wenn es zu Eis wird; das geschmolzene Schneewasser gab ihnen nämlich die doppelte Menge Luft, als das geschmolzene Eis, und beinahe ebenso viel als das Wasser der Seine; die Luft des Schneewassers enthielt in 5 nach einander aufgefangenen Portionen 24,0; 26,8; 29,6; 32,0 und 34,8 Proc. Sauerstoffgas, im ganzen Volumen 28,7, während das Seinewasser an demselben Tage nur Luft von der Reinheit 28,3 lieferte. Humboldt und Gay-Lussac halten es indeß für möglich, daß der Schnee zwischen seinen kleinen Krystallen eine gewisse Menge von Luft zurückbehalte, die er beim Schmelzen wiederum absorbirt, indem es scheint, daß das Wasser gerade im Augenblicke seines Gefrierens den größten Theil seiner Luft fahren läßt, eine Ansicht, der auch Carradori beistimmt, welcher behauptet *), daß beim Gefrieren des Wassers zu Eis oder Schnee die Luft vollständig entweiche und daß alle Luft, welche man nach dem Schmelzen desselben erhält, sich in den Zwischenräumen der Krystalle befunden habe, welches er durch den folgenden Versuch wahrscheinlich zu machen suchte. Er füllte etwas Schnee in eine Flasche und, sowie dieser schmolz, immer mehr nach, bis die Flasche mit Schnee, der größtentheils geschmolzen war, ganz angefüllt war, goß dann sogleich einige Zoll hoch Oel über das Wasser und ließ das Ganze zur Temperatur des Zimmers kommen; darauf hob er das Oel ab, brachte einen Fisch hinein und goß wieder Oel über das Wasser; der Fisch hatte kaum das Wasser berührt, als er Zuckungen bekam und in wenig Augenblicken verschied. Dasselbe Verhalten bemerkte er auch, wenn er Eis oder Hagel statt des Schnees anwendete. „Man sieht hieraus offenbar," sagt Carradori, „daß beim Frieren des Wassers alles Sauerstoffgas, welches das Wasser enthielt, entweicht; denn die Fische sterben in dem zergangenen Schnee, Eis und Hagel bloß deshalb, weil sie darin nicht das zum Athmen nöthige Sauerstoffgas finden." — Auch die vom Wasser absorbirte Kohlensäure wird, nach einer Beobachtung von Brownrigge, beim Gefrieren desselben fast vollständig wieder ausgetrieben. Zu den Thatsachen, welche für das vollständige oder theilweise Entweichen der von einer Flüssigkeit absorbirten Gase bei dem Uebergange derselben in den starren Zustand zu sprechen scheinen, gehört auch das zuerst von Samuel Lucas beobachtete und später von Gay-Lussac bestätigte sogenannte Spritzen oder Spratzen des Silbers bei seinem plötz-

*) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 414.

lichen Erstarren, indem dieses in seinem flüssigen Zustande die Eigenschaft hat, Sauerstoffgas zu absorbiren, welches unter geeigneten Umständen beim Erstarren der Masse plötzlich wieder entweicht.

In dem Vorhergehenden haben wir hauptsächlich nur die Erscheinungen näher betrachtet, welche die Gase darbieten, die von Flüssigkeiten nur in geringem Grade, höchstens zu wenigen Volumen, verglichen mit dem Volumen der Flüssigkeit, absorbirt werden; und die von Henry, Dalton ꝛc. aufgestellten Gesetze beziehen sich auch nur auf diese Gase, indem diejenigen, welche in viel größerem Maße von Wasser und namentlich Alkohol aufgenommen werden, Abweichungen von jenen allgemeinen Regeln zeigen, welche nur in einer chemischen Verwandtschaftsthätigkeit zwischen den absorbirenden und absorbirten Stoffen ihre Erklärung zu finden scheinen. Hierher gehören namentlich das Ammoniakgas, das Chlorwasserstoffgas, das schwefligsaure Gas, das Chlorgas ꝛc. Freilich hat Sauſſure auch für das schwefligsaure Gas, welches fast in 50mal größerer Menge vom Wasser absorbirt wird, als das Kohlensäuregas, das von Henry aufgestellte Gesetz (s. oben) bestätigt gefunden; und im Allgemeinen richtet sich auch bei den stark absorbirbaren Gasen die Verschluckbarkeit nach der Temperatur und dem Luftdrucke, bei welchem dieselbe untersucht wird; ebenso entbindet sich zuweilen auch beim Gefrieren des Wassers ein Theil dieser in demselben aufgelösten Gase; diese Erscheinungen sind jedoch, wie gesagt, nicht an jene oben angeführte Regelmäßigkeit gebunden, wie man sie hinsichtlich der im geringeren Grade verschluckbaren Gase bemerkt hat. Das Gefrieren z. B. des mit schwefligsaurem Gase gesättigten Wassers tritt einige Grad unter 0 ein; die wässerige Lösung des Chlorwasserstoffgases erstarrt bei dem Gefrierpunkte des Queckſilbers, die des Ammoniakgases bei — 40° C.; in allen diesen Fällen scheint bei dem Uebergange in den festen Zustand kein Gas zu entweichen, und vielleicht mag hiervon die Bildung einer chemischen Verbindung die Ursache sein, indem namentlich bei dem Ammoniakwässer der Gefrierpunkt demjenigen, bei welchem das Gas flüssig wird, nahe liegt; auch hat Faraday bekanntlich bemerkt, daß das Chlorwasser, welches etwas unter 0° gefriert, hierbei in chlorfreies Wasser und Chlorhydrat zerfällt. Das Wasser hat im gefrornen Zustande für diese Gase ferner keineswegs seine Absorptionskraft verloren, sondern scheint dieselben fast ebenso stark zu verschlucken, als im flüssigen Zustande; es wird hierbei so viel Wärme frei, daß das Eis sogleich schmilzt. — Im Allgemeinen nimmt das Wasser von den stark verschluckbaren Gasen um so mehr auf, je niedriger die Temperatur ist, bei welcher der Versuch vorgenommen wird, und hiermit in Verbindung stehend liegt der Siedepunkt der Flüssigkeit um so niedriger, je größer der Gasgehalt derselben ist. Nur die wässerige Lösung des Chlorwasserstoffgases zeigt hiervon eine bemerkenswerthe Ausnahme, indem diese Flüssigkeit bei einem Gehalt an Gas von 19 Gewichtsprocenten den höchsten Siedepunkt, nämlich 110° C. hat, und zwar ist dieser Siedepunkt bei diesem Gehalte constant; die Flüssigkeit verdampft dann als ein Ganzes, als eine wirkliche chemische Verbindung; bei größerem oder geringerem Gasgehalt liegt der Siedepunkt stets unter 110°, er steigt aber während des Siedens wieder zu jener Höhe hinauf, bei welcher er dann stehen bleibt (Dalton, Mitscherlich). Man sieht aus dieser Thatsache, daß die Kraft, welche das Gas in der Flüssigkeit zurückhält, nicht allein die des auf dieselbe einwirkenden Luftdrucks sein kann; jener constante Siedepunkt, ebenso wie die bei der Absorption des Gases beobachtete Wärmeentwicklung könnte

die Ansicht rechtfertigen, welche hier die Bildung einer wirklichen chemischen Verbindung annähme, wenn nicht das Gewichtsverhältniß des Gases zum Wasser, indem hiernach 1 Atom Gas mit 17,25 Atomen Wasser sich vereinigte, offenbar für die Unwahrscheinlichkeit jener Ansicht zeugte. Die vielbesprochene Streitfrage, die zuerst zwischen Dalton und Berthollet der Gegenstand einer lebhaften und geistreichen Erörterung wurde, ob nämlich die Absorption der Gase durch Flüssigkeiten im Allgemeinen die Folge einer rein mechanischen Anziehung oder als Wirkung einer chemischen Verwandtschaft zu betrachten sei, können wir hier, abgesehen von dem geringen Erfolge, den eine solche Untersuchung bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft haben möchte, um so mehr mit Stillschweigen übergehen, da das vorliegende Werk eine vollständige und klare Uebersicht der sorgfältig ausgeführten Versuche und Beobachtungen zu geben, nicht aber eine fruchtlose Kritik theoretischer Ansichten, über welche sich gegenwärtig noch kein entscheidendes Urtheil fällen läßt, zu liefern bestimmt ist.

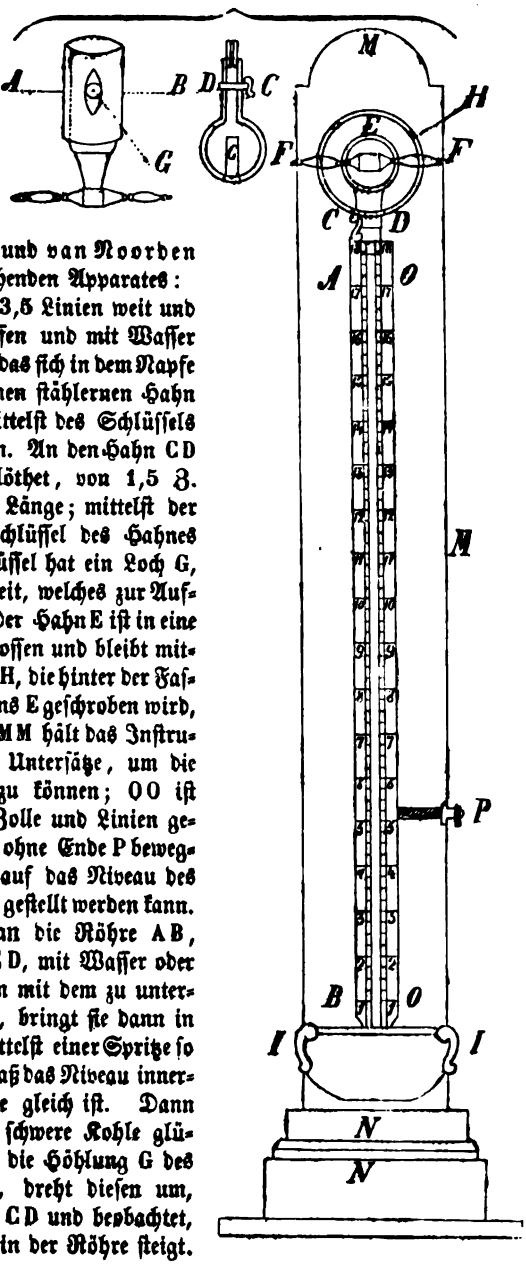
II. Absorption der Gase durch starre Körper.

Alle festen porösen Körper besitzen das Vermögen, gasförmige Körper zu absorbiren und in sich zu condensiren, in einem größeren oder geringeren Grade. Am auffallendsten tritt diese Eigenschaft bei der Kohle hervor. Dieselbe wurde gegen das Jahr 1777 von Fontana und, wie es scheint, gleichzeitig und unabhängig von ihm von Scheele entdeckt. Spätere mehr oder weniger ausführliche und genaue Untersuchungen über dieses Verhalten der Kohle gegen gasförmige Körper rühren von Priestley, Morveau, Morozzo *), Delametherie **), Rouppe und van Noorden ***), Parrot, van Mons, Brugnatelli, Vogel und vor Allen von Th. de Saussure †) her.

Fontana, Vogel, Saussure u. A. stellten ihre Versuche mit einer Kohle an, welche sie glühend unter Queckfilber tauchten und nach dem Erkalten in das zu absorbirende Gas brachten, ohne sie mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommen zu lassen. Saussure bediente sich namentlich der Kohle von Buchsbaumholz, deren Verdichtungsvermögen vorzüglich stark ist und die bei diesem Ablöschen auch nur so wenig Queckfilber in sich aufnimmt, daß sie immer leicht genug bleibt, um auf Wasser zu schwimmen. Ferner wandte Saussure noch eine andere Methode an, besonders bei seinen Versuchen über den Einfluß des Luftdruckes auf die Gasverdichtung durch die Kohle, und erhielt mit Hülfe derselben beinahe die nämlichen Resultate, wie durch das Glühen der Kohle. Er brachte nämlich die Buchsbaumkohle, welche mehrere Tage an der freien Luft gelegen hatte, unter einen Recipienten, der mittelst Talg auf dem Teller der Luftpumpe anschloß, pumpte aus, brachte dann den Recipienten nebst dem Teller, dessen Hahn verschlossen war, unter Queckfilber, öffnete den Hahn und schob endlich die Kohlen in das mit einem Gase gefüllte, über Queckfilber befindliche Gefäß. Auch kann man nach ihm die Glocke mit der Kohle in eine mit Queckfilber gefüllte Schale setzen und das Ganze unter einen gewöhnlichen Recipienten der Luftpumpe bringen. Nachdem man die Luft aus dem großen Recipienten und mithin auch

*) Journ. de Phys. T. XXIII. p. 368 u. T. LVIII. p. 380.
**) Journ. de Phys. T. XXX.
***) Journ. de Phys. T. LVIII. u. Ann. de Chim. T. XXXIV.
†) Gilb. Ann. Bd. XLVII. S. 113—162.

aus dem kleinen ausgepumpt hat, wird wieder die äußere Luft hineingelaſſen, welche das Queckſilber aus der Schale in den kleinen Recipienten hinauftreibt, welcher dann mit der Schale und der luftleeren Kohle unter das Queckſilber der pneumatiſchen Wanne gebracht werden kann. Auf dieſe Weiſe erhält man aber kein ſo vollkommenes Vacuum, wie mit dem erſten Verfahren, wegen des Druckes, den das in der Schale befindliche Queckſilber ausübt.



Morozzo und in ähnlicher Weiſe Rouppe und van Noorden bedienten ſich des nebenſtehenden Apparates:

Die Glasröhre AB, 3,5 Linien weit und 18 Z. hoch, iſt unten offen und mit Waſſer oder Queckſilber ſperrbar, das ſich in dem Napfe II befindet, oben an einen ſtählernen Hahn CD gekittet, den man mittelſt des Schlüſſels C öffnen und ſchließen kann. An den Hahn CD iſt ein größerer E angelöthet, von 1,5 Z. Durchmeſſer und faſt 3 Z. Länge; mittelſt der Kurbel FF wird der Schlüſſel des Hahnes umgedreht. Dieſer Schlüſſel hat ein Loch G, 1 Z. 3 L. tief und 6 L. weit, welches zur Aufnahme der Kohle dient. Der Hahn E iſt in eine Faſſung von Holz eingeſchloſſen und bleibt mittelſt der Schraubenmutter H, die hinter der Faſſung auf das Ende des Hahns E geſchroben wird, befeſtigt. Die Faſſung MMM hält das Inſtrument lothrecht; NN ſind Unterſätze, um die Schale II höher heben zu können; OO iſt eine Scale auf Holz, in Zolle und Linien getheilt, durch die Schraube ohne Ende P beweglich gemacht, ſo daß ſie auf das Niveau des Queckſilbers in der Schale geſtellt werden kann. Beim Gebrauche füllt man die Röhre AB, bei geſchloſſenem Hahne CD, mit Waſſer oder beſſer mit Queckſilber, dann mit dem zu unterſuchenden Gaſe ganz voll, bringt ſie dann in die Schale II und zieht mittelſt einer Spritze ſo viel Gas aus der Röhre, daß das Niveau inner- und außerhalb der Röhre gleich iſt. Dann macht man eine 36 Gr. ſchwere Kohle glühend, bringt ſie dann in die Höhlung G des Schlüſſels vom Hahn E, dreht dieſen um, öffnet hierauf den Hahn CD und beobachtet, wie hoch das Queckſilber in der Röhre ſteigt.

Da ein Theil des zuerſt eintretenden Gaſes bloß dazu dient, den leeren Raum auszufüllen, der in der Höhlung G durch die heiße Kohle entſtanden iſt, ſo ſuchte Morozzo die Menge dieſes Gaſes zu beſtimmen, indem er in die Höhlung G einen glühenden Bimsſtein von gleichem Umfange mit der Kohle brachte und dann den Hahn CD öffnete, wobei das Queckſilber um 1 Zoll ſtieg. Dieſer 1 Zoll mußte alſo ſtets von der totalen Abſorption abgezogen werden.

1) Wir führen hier zunächſt die Reſultate der Verſuche an, welche Sauſſure über das Verhalten der Kohle und anderer Körper gegen unvermiſchte reine Gaſe bei einer Temperatur von 11 — 13° C. und unter einem Luftdruck von ungefähr 0,724 Meter (26 Z. 8,95 Lin.) anſtellte. Die Angaben ſind faſt durchgängig ein Mittel aus mehreren Beobachtungen, denn zwei Stücke von einer und derſelben Kohle zeigen, auch im nämlichen Gas, ſelten gleiche Abſorptionen. Kohle von Buchsbaumholz abſorbirt:

Ammoniakgas	90	Volumina
Salzſaures Gas	85	"
Schwefligſaures Gas	65	"
Schwefelwaſſerſtoffgas	55	"
Stickſtoffoxydulgas	40	"
Kohlenſaures Gas	35	"
Oelbildendes Gas	35	"
Kohlenoxydgas	9,42	"
Sauerſtoffgas	9,25	"
Stickſtoffgas	7,5	"
Waſſerſtoffgas	1,75	"

Von Salpetergas abſorbirt die Buchsbaumkohle 38mal ihr Volumen, zerſetzt aber dabei einen Theil dieſes Gaſes. Bei allen angeführten Gaſen war die Abſorption in 24 oder 36 Stunden beendigt; nur das Sauerſtoffgas macht hiervon einigermaßen eine Ausnahme, indem die Abſorption mehrere Jahre lang fortzugehen ſcheint. Es bildet ſich nämlich hier allmälig etwas kohlenſaures Gas, wovon die Kohle eine weit größere Menge als von dem Sauerſtoffgas abſorbirt. Dieſe Gasbildung geht bei der gewöhnlichen Lufttemperatur ſo langſam vor ſich, daß erſt nach vielen Jahren ſo viel kohlenſaures Gas erzeugt wird, als nöthig iſt, um die Kohle damit zu ſättigen. Höchſt wahrſcheinlich wird alſo auch von dem Sauerſtoffgas in 36 Stunden, wie von den andern Gaſen, die größtmögliche Menge abſorbirt, und dieſe beträgt genau 9,25 Maß, indem jene Zeit nicht hinreicht, um eine bemerkbare Menge von kohlenſaurem Gas zu erzeugen. Aus den angeführten Verſuchen ergiebt ſich, daß im Allgemeinen der Grad der Abſorption der Gaſe durch die Kohle bei denjenigen Gaſen am größten iſt, welche am leichteſten durch Druck oder Kälte flüſſig gemacht werden können (ſ. Gaſe).

2) Bei allen Verſuchen über das Abſorptionsvermögen der Kohle iſt es durchaus nothwendig, daß dieſe vollkommen rein und trocken ſei, weil namentlich die Feuchtigkeit, welche das Gewicht der Kohle in der freien Luft oft um 10 — 20 Proc. vermehrt, einen weſentlich ſtörenden Einfluß auf das Reſultat des Verſuches ausüben würde, indem ſie die Abſorption aller Gaſe, die nicht eine ſehr große Verwandtſchaft zum Waſſer haben, in bedeutendem Grade vermindert. So vermag die Buchsbaumkohle, im Queckſilber abgelöſcht und erkältet, wenn ſie

unter dem Queckſilber mit Waſſer völlig geſchwängert worden, nur noch ihr 15faches Volumen von kohlenſaurem Gas zu verſchlucken, während ſie vor dem Befeuchten das 35fache verſchluckte. Auch braucht die befeuchtete Kohle eine weit längere Zeit zur völligen Abſorption der Gaſe, als die trockene Kohle, indem dieſe in 24 Stunden 35 Maß kohlenſaures Gas verdichtet, die mit Waſſer geſchwängerte Kohle dagegen 14 Tage gebraucht, um 15 Maß jenes Gaſes in ſich aufzunehmen. Die trockene mit Gas geſättigte Kohle giebt, wenn ſie mit Waſſer in Berührung gebracht wird, in 48 Stunden die ganze Menge des Gaſes wieder heraus, welche ſie im naſſen Zuſtande nicht feſtzuhalten vermag. Ein Volumen trockner Buchsbaumkohle, das $7^1/_2$ Vol. Stickſtoffgas abſorbirt hatte, gab, während es ſich mit Waſſer durchzog, $6^1/_2$ Vol. Gas wieder her und behielt nur 1 Vol. in ſich zurück. Aus 1 Volumen trockner Buchenkohle, die $9^1/_4$ Vol. Sauerſtoffgas verſchluckt hatte, entbanden ſich mittelſt Waſſers $3^1/_4$ Vol. Gas; und 1 Volumen mit Waſſerſtoffgas geſättigte Kohle behielt, nachdem Waſſer ſie durchdrungen hatte, nur 0,65 Vol. Gas zurück. — Setzt man eine ſolche Kohle, die bereits im Waſſer ihr überflüſſiges Gas ausgeſchieden hat, in einer mit Waſſer angefüllten Retorte der Siedhitze aus, ſo entbindet ſich aus ihr noch eine anſehnliche Menge von Gas, jedoch iſt dieſe Temperatur nicht hinreichend, das früher eingeſchluckte Gas ganz zu vertreiben.

3) Von bedeutendem Einfluß auf die Stärke der Gasverdichtung durch die Kohle iſt ferner der äußere Luftdruck auf das Gas. Um zu erfahren, welchen Einfluß die Dichtigkeit eines Gaſes auf das Volumen hat, welches die Kohle davon abſorbirt, brachte Sauſſure eine Kohle, die ſich bei dem gewöhnlichen Luftdruck mit einer beſtimmten Menge Gas geſättigt hatte, in die Torricelli'ſche Leere eines Barometers. Sowie die Kohle in den luftleeren Raum trat, ließ ſie einen Theil ihres Gaſes fahren, der das Barometer um eine Größe fallen machte, aus der ſich der Druck ergab, unter welchem das freigewordene Gas ſtand. Aus dem körperlichen Inhalt des Theils der Röhre, der von dieſem Gaſe eingenommen wurde, erfuhr er das Volumen des Gaſes bei jenem Druck, und dieſes Volumen abgezogen von dem Raume, den alles von der Kohle beim vorigen Luftdruck abſorbirte Gas unter dem neuen Druck eingenommen hätte, gab das Volumen von verdünntem Gaſe zu erkennen, das in der Kohle in dem luftverdünnten Raume zurückgeblieben war. Um den Verſuch bei einem andern Luftdruck anzuſtellen, war nur nöthig, eine vorher genau beſtimmte Gasmenge in das Barometer aufſteigen zu laſſen. Eine Buchsbaumkohle, welche unter 0,7343 Meter (27 Z. 1,51 L.) Barometerſtand und in der Temperatur von 18°,5 C. $34^1/_2$ Maß kohlenſaures Gas abſorbirt hatte, wurde in eine Atmoſphäre von kohlenſaurem Gaſe gebracht, welche nach den von der Kohle bewirkten Aenderungen unter einem Drucke von 0,2606 Met. (9 Z. 7,52 L.) ſich befand. Unter dieſem Drucke würden die $34^1/_2$ Maß Gas einen Raum von 97,21 Maßen eingenommen haben; es fanden ſich indeß in dem Barometer nur 28,16 Maß Luft. Die Kohle hatte alſo 69,05 Maß kohlenſaures Gas in ſich zurückbehalten, woraus folgt, daß die Kohle ein größeres Volumen von verdünntem kohlenſaurem Gas in ſich aufnimmt, als von verdichtetem. Bei einem andern Verſuche wurde, während die Kohle ſich in dem Barometer befand, der Luftdruck bis auf 0,4038 M. (14 Z. 10,99 L.) vermehrt, indem die Röhre tiefer ins Queckſilber hineingedrückt wurde. Unter dieſem Drucke hätten die $34^1/_2$ Maße, welche die Kohle bei 0,7343 M. abſorbirt

hatte, einen Raum von 62,74 Maß einnehmen müssen; das Barometer enthielt aber nur 12,83 Maß Gas, so daß bei diesem Druck in der Kohle 49,91 Maß kohlensaures Gas zurückblieben. Diese und andere Versuche stimmen also dahin überein, daß die Absorptionen der Gase, nach dem Volumen geschätzt, weit größer sind in einer verdünnten als in einer dichteren Atmosphäre, obgleich die Absorption, dem Gewichte nach, in dieser größer als in jener ist. Es finden indeß hier bei Gasarten von großem Absorptionsvermögen auffallende Unterschiede statt, während diese wohl kaum bemerkt werden könnten, wenn die Einsaugung nur etwa das einfache Volumen der Kohle betrüge.

4) Sauſſure hat außer bei der Kohle auch das Abſorptionsvermögen anderer ſtarrer Körper für die unvermiſchten Gaſe einer Unterſuchung unterworfen, welche zu dem Reſultate führte, daß überhaupt alle poröſen Körper dieſes Vermögen in einem höheren oder geringeren Grade beſitzen, und daß im Allgemeinen diejenigen Gaſe am meiſten verſchluckt werden, welche auch bei der Kohle die ſtärkſte Abſorption erleiden. Bei allen dieſen Verſuchen bediente man ſich der Luftpumpe, um die poröſen Körper von atmoſphäriſcher Luft zu befreien und ſie für die Verdichtung der Gaſe empfänglich zu machen, da die Methode des Ausglühens hier aus mehrfachen Gründen nicht anwendbar war. Die folgende Tafel enthält die von Sauſſure bei 15° C. und ungefähr 0,73 M. (27 Z. 0 Lin.) Barometerſtand gefundenen Reſultate.

Ein Volumen der feſten Subſtanz abſorbirte an Gas folgende Volumina	1. Meerſchaum	2. Kieſelſchiefer	3. Holzasbeſt	4. Bergkork	5. Hydrophan.	6. Schwimmquarz	7. Gyps	8. Bergmilch	9. Haſelholz	10. Maulbeerholz	11. Tannenholz	12. Leinfaden	13. Wolle	14. Seide.
Ammoniakgas	15	113	12,73	2,3	64	10			100	88		68		78
Schwefelwaſſerſtoffgas	11,7													
Kohlenſaures Gas	5,26	2	1,7	0,82	1	0,6	0,43	0,87	1,1	0,46	1,1	0,62	1,7	1,1
Stickſtoffoxydulgas	3,75													
Oelbildendes Gas	3,7	1,5	1,7	0,82	0,8	0,6			0,71			0,48	0,57	0,5
Stickſtoffgas	1,60	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,53	0,80	0,21	0,18	0,21	0,33	0,24	0,125
Sauerſtoffgas	1,49	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,58	0,67	0,47	0,34	0,5	0,35	0,42	0,44
Kohlenoxydgas	1,17	0,55	0,58	0,78					0,58			0,35	0,3	0,3
Waſſerſtoffgas	0,44	0,48	0,31	0,68	0,4	0,87	0,50	0,80	0,58	0,46	0,75	0,35	0,3	0,3
Chlorwaſſerſtoffgas					17									
Schwefligſaures Gas					7,37									

Da der Meerſchaum, wenn er auch noch ſo trocken ſcheint, immer etwas Waſſer enthält, ſo wurde er zuerſt ins Feuer und noch lauwarm unter den Recipienten der Luftpumpe und nach dem Auspumpen erſt in das zu abſorbirende Gas gebracht. Hat man den Meerſchaum ſo gut, als es in der Temperatur der Atmoſphäre möglich iſt, getrocknet, ihn aber nicht geglüht, ſo verſchluckt er 150 Maß Ammoniakgas und braucht dazu mehrere Tage. Iſt er dagegen im Feuer getrocknet worden, ſo geht die ganze Abſorption in 5 bis 6 Stunden vor ſich. Es ergab ſich ferner aus Verſuchen, daß eine ſehr kleine Menge Waſſer das Vermögen des im Feuer getrockneten Meerſchaums, kohlenſaures Gas zu verdichten, ebenfalls ſehr erhöhte, eine große Menge von Waſſer aber daſſelbe verminderte. Der hier unterſuchte Meerſchaum war von Valecas bei Madrid; ſein ſpecif. Gew. betrug 0,826 (durch Untertauchen in Queckſilber beſtimmt, welches nicht in ihn hineindrang). — Ebenſo wie bei der Kohle waren auch beim Meerſchaume die

Abſorptionen größer in verdünntem Gaſe, als in dichterem; es verſchluckten 13,87 Cub.-Cent. (0,7 C.-Z.) Meerſchaum, die bei einem Luftdruck von 0,723 M. (26 Z. 8,51 L.) nur $42^1/_2$ Centimeter (2,14 C.-Z.) kohlenſaures Gas aufgenommen hatten, $50^1/_2$ Centim. von eben dieſem Gaſe, bei einer Verdünnung von 0,238 M. (8 Z. 9,50 L.) barometriſchem Drucke.

Der Klebſchiefer, von Menilmontant, der im Feuer ſich ſpaltet und ſtark zuſammenzieht, wurde nur an der Luft getrocknet und unter der Luftpumpe luftleer gemacht; das ſpec. Gew. deſſelben fand Sauſſure 0,95. Der Holzopal aus Tyrol hatte ein ſpec. Gew. von 1,42 und der Bergkork = 0,6; beide Steine wurden durch Ausglühen getrocknet und dann unter die Luftpumpe gebracht. Der ſächſiſche Hydrophan hatte ein ſpec. Gew. von 1,7 und der Schwimmquarz von Vauvert = 1,18; der Hydrophan wurde an der Luft, der Quarz durch Glühen getrocknet. Der Gyps war im calcinirten Zuſtande durch Waſſer erhärtet und an der Luft getrocknet; Bergmilch, mineraliſcher Lerchenſchwamm vom Jura, eine ſehr leichte weiße Kreide von 0,465 ſpecifiſchem Gewicht.

Die Hölzer Nr. 9 — 11 waren an der Luft getrocknet und dann kleine Stücke derſelben mehrere Wochen lang über Chlorcalcium aufbewahrt; dennoch behielten ſie noch etwas hygroſkopiſches Waſſer in ſich, welches ſich, als ſie luftleer in Ammoniakgas verſetzt wurden, dadurch offenbarte, daß ſich während der Abſorption ein wäſſeriger Dunſt um ſie verbreitete, den die beim Verdichtungsproceſſe freigewordene Wärme austrieb. Dieſelbe Erſcheinung zeigten bei gleicher Behandlung Klebſchiefer, Zwirn, Wolle und Seide; alle dieſe Körper verſchluckten nachher wieder den Dunſt. Die Leinfäden hatten, in feſte Bündel zuſammengedreht, ein ſpec. Gew. = 0,78, die rohe Seide, in Strähnen angewendet, = 0,731 und die Wolle = 0,6.

Alle Körper, mit denen dieſe Verſuche angeſtellt wurden, die Kohle und der Hydrophan ausgenommen, ſogen bei der angewandten Methode vor der Gasverdichtung beträchtlich viel Queckſilber ein. Nimmt man hierauf nicht Rückſicht, ſo ſcheint es, als wenn die abſorbirten Volumina der wenig verſchluckbaren Gaſe oft kleiner ſeien, als der Raum der Poren des abſorbirenden Körpers.

5) Das Abſorptionsvermögen der meiſten Kohlenarten und mehrerer anderer poröſer Körper nimmt, nach Sauſſure's Beobachtungen, bis zu einer gewiſſen Grenze mit ihrem ſpecifiſchen Gewichte zu, und dieſes muß bei übrigens gleichen Umſtänden größer ſein, wenn die Poren enger und gedrängter beiſammen liegen; ſo abſorbirte 1 Volumen

Korkkohle	von 0,1	ſpec. Gew.	faſt keine	atmoſph.	Luft
Tannenkohle	= 0,4	=	=	4,5	Vol.	=	=
Buchsbaumkohle . . .	= 0,6	=	=	7,5	=	=	=
Steinkohle vom Ruffiberg	= 1,326	=	=	10,5	=	=	=

Nimmt man Kohlen von noch größerer Dichtigkeit, ſo gelangt man bald zu einer Grenze, wo die Poren zu enge werden, um überhaupt noch Gas eindringen zu laſſen. So ließ z. B. Reißblei von Cumberland, welches 96 Proc. Kohle enthält, bei einem ſpecifiſchen Gewichte von 2,17 die atmoſphäriſche Luft ganz unverſchluckt; und ebenſo verhielt es ſich mit einer Kohle von nahe demſelben ſpecifiſchen Gewichte, welche Sauſſure durch Deſtillation flüchtiger Oele in einer glühenden

Porzellanröhre erhielt. Uebrigens entſpricht dieſes Zunehmen der Verdichtung dem jenigen des ſpecifiſchen Gewichtes auch nur ungefähr; die verſchiedenen Arten vo Kohle weichen nämlich bei gleicher und ungleicher Dichtigkeit doch immer in ihre Organiſation von einander ab, und laſſen ſich daher nicht immer mit einer Schwamme vergleichen, deſſen Poren und deſſen Dichtigkeit man durch Druck modi ficiren kann. — Sowie mit dem Kleinerwerden der Poren die Abſorption de Gaſe durch die Kohle zunimmt, wird umgekehrt durch die Zerſtörung, Oeffnun und Erweiterung der kleinen Zellchen der Kohle ihr Abſorptionsvermögen bedeu tend geſchwächt; dieſelbe Buchsbaumkohle, von welcher ein Stück, das 2,94 Gram wog und ein Volumen von 4,92 Cub.-C. hatte, ungefähr 7,25 Vol. an atmo ſphäriſcher Luft abſorbirte, nahm bei gleichem Gewicht und einem Volumen vo 7,3 Cub.-Cent. nur 20,8 Cub.-C. oder das 3fache ihres Volumens atmoſphäriſch Luft auf, nachdem ſie zu einem feinen unfühlbaren Pulver zerrieben worden wa Die Verdichtung der Gaſe in den feſten Körpern zeigt alſo eine Analogie mit de Aufſteigen von Flüſſigkeiten in Haarröhrchen: beide ſtehen nämlich i umgekehrten Verhältniß der inneren Durchmeſſer der Röhre

Nach Sauſſure wird die Verdichtung der Gasarten durch poröſe Körpe abgeſehen von dem Einfluſſe des Grades der Poroſität, durch zwei Kräfte beſtimmt 1) durch die anziehende Kraft, vermöge welcher die Gaſe und der poröſe Körp ſich mit einander zu vereinigen ſtreben, (die chemiſche Verwandtſchaft) und 2) dur die Kraft der Elaſticität des Gaſes oder die Anziehung derſelben zum Wärmeſto Dieſe beiden Kräfte ſind einander entgegengeſetzt, und die Abſorption der Ga durch die feſten poröſen Körper iſt das Reſultat ihrer Verſchiedenheit.

6) Die bisherigen Verſuche betrafen die Abſorption reiner, nicht mit ein ander vermiſchter Gasarten; verwickelter werden die Erſcheinungen, wenn man di Verſuche auf die gleichzeitige Abſorption mehrerer Gaſe durch einen poröſen Körper ausdehnt. Auch dieſe Erſcheinungen ſind von Sauſ ſure näher ſtudirt worden und zwar ſtellte er ſeine Verſuche auf zwei verſchiedene Wegen an: einmal verſetzte er den poröſen Körper luftleer in Miſchungen aus zwe Gaſen; zweitens brachte er ihn luftleer erſt in das eine unvermiſchte Gas und, nach dem er ſich damit geſättigt hatte, verſetzte er ihn in das zweite Gas. Die eudio metriſche Prüfung der Luft, welche nach dieſer zweiten Abſorption zurückblie gab das Verhältniß zu erkennen, in welchem beide Gasarten abſorbirt worde waren. Sauſſure ſtellte ſeine Verſuche mit Sauerſtoffgas, Waſſerſtoffga Stickſtoffgas und Kohlenſäuregas an und gelangte dabei zu folgenden allgemeine Reſultaten:

a) Wird eine Kohle, die mit einem dieſer Gaſe geſchwängert iſt, in ein der andern dieſer Gaſe gebracht, ſo läßt ſie einen Theil des erſtern Gaſes fahre um von dem zweiten einen Antheil in ihre Poren aufzunehmen. Je nachdem da früher von der Kohle eingeſchluckte Gas einer ſtärkern oder nur einer ſchwächer Verdichtung fähig iſt, als das Gas, in welches man ſie verſetzt, wird die Atmo ſphäre, worin ſich die Kohle befindet, im erſten Falle vergrößert, wobei in de Kohle Kälte entſteht, im zweiten Falle vermindert, wobei in der Kohle Wärm frei wird. Verſetzt man z. B. die mit Kohlenſäuregas geſchwängerte Kohle i Waſſerſtoffgas, ſo vermehrt ſich die Luftmenge ſehr bedeutend und die Kohle wir kälter; es dringt nämlich nur eine ſehr kleine Menge Waſſerſtoffgas in die Pore der Kohle und treibt aus ihnen ein weit größeres Volumen kohlenſauren Gaſe

aus, und jene kleine Menge Wasserstoffgas nimmt in dem porösen Körper ungefähr denselben Raum ein, als zuvor der ausgetriebene Theil des kohlensauren Gases. Das Gegentheil zeigt sich, wenn man umgekehrt eine mit Wasserstoffgas gesättigte Kohle in einen mit Kohlensäuregas gefüllten Recipienten bringt. Bei Anwendung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bemerkt man dieselben Erscheinungen, und überhaupt läßt sich aus der oben mitgetheilten Stufenfolge der Verdichtungen der reinen Gasarten durch die Kohle der Erfolg bei diesen Versuchen jedesmal voraussagen. Das absorbirte Gas scheidet sich in diesen Fällen gerade so aus der Kohle aus, wie aus Wasser, das mit dem Gase geschwängert ist, wenn es mit einer andern Gasart in Berührung kommt. Hieraus ergiebt sich auch, daß die Kohle, wie die Beobachtung bestätigt, in der atmosphärischen Luft stets mehr Sauerstoffgas als Stickstoffgas absorbirt.

b) Das Volumen des Gases, welches durch ein anderes aus der Kohle ausgetrieben wird, variirt nach Verschiedenheit des Verhältnisses, worin beide Gasarten in dem nicht absorbirten Rückstande vorhanden sind. Die Ausscheidung ist desto vollständiger, in je größerem Ueberschusse das Gas angewandt wird, welches dieselbe bewirken soll; doch kann man in verschlossenen Gefäßen niemals ein früher verschlucktes Gas durch ein anderes vollständig austreiben, eine kleine Menge bleibt immer noch in der Kohle zurück.

c) Zwei durch Absorption in der Kohle vereinigte Gase erleiden in ihr oft eine etwas größere Verdichtung, als jedes im ungemischten Zustande; so z. B. begünstigt die Gegenwart von Sauerstoffgas in der Kohle die Verdichtung des Wasserstoffgases in ihr, ferner die Gegenwart von Kohlensäuregas die Verdichtung des Sauerstoffgases und die Gegenwart von Wasserstoffgas die Verdichtung des Stickstoffgases in den Poren der Kohle. Doch findet diese Wirkung nicht in allen Fällen bei den vier erwähnten Gasen statt, indem die Gegenwart des Stickgases in der Kohle die Absorption des Kohlensäuregases nicht vermehrt. 1 Volumen Buchsbaumkohle, welches 1,75 Vol. Wasserstoffgas absorbirt hatte, verminderte bei 11° C. eine Atmosphäre von 20,45 Vol. Sauerstoffgas (welches 2 Proc. Stickstoffgas enthielt) um 6,5 Vol., während dafür 1 Vol. Wasserstoffgas aus der Kohle entbunden wurde und also 0,75 Vol. noch in derselben zurückblieb. Nach der oben mitgetheilten Tafel verschluckt 1 Vol. luftleere Buchsbaumkohle von Sauerstoffgas 9,2 Vol. und von Wasserstoffgas 1,75 Vol. Dem Verhältniß dieser Zahlen entsprechend sollten 7,5 Vol. Sauerstoffgas 1,42 Vol. Wasserstoffgas ausgetrieben haben; da sie aber nur 1 Vol. austrieben, so sieht man, daß die Gegenwart des Wasserstoffgases die Verdichtung des Sauerstoffgases in der Kohle verstärkt, und daß diese zu gleicher Zeit 0,75 Vol. Wasserstoffgas und 7,5 Vol. Sauerstoffgas zurückgehalten hat. Nach Poggendorff*) verdient dieser Satz eine experimentelle Prüfung; Sauſſure's Rechnung wenigstens ist nicht richtig, da dabei der Druck nicht berücksichtigt wurde, den die Gase, einzeln betrachtet, in dem Rückstand erlitten. Eine Correction hierfür ist nicht anzubringen, da das Gesetz, nach welchem der Druck die von der Kohle absorbirt werdende Gasmenge abändert, noch unbekannt ist.

d) Wenn auch durch eins der vier angeführten Gase die Verdichtung eines der andern begünstigt wird, so gehen doch beide keine wahrzunehmende bleibende

*) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 19, Anmerk.

Verbindung ein (wenigstens nicht innerhalb des Zeitraums von einigen Tagen) So z. B. ließ sich, trotz der Behauptung von Rouppe und Norden, keine Was ſererzeugung wahrnehmen, wenn man bei der gewöhnlichen Temperatur eine mi Waſſerſtoffgas geſättigte Kohle in Sauerſtoffgas brachte oder den umgekehrte Verſuch machte. Ebenſo wenig gelang es, auf dieſem Wege Stickgas und Waſſer ſtoffgas zu Ammoniak, oder Stickgas und Sauerſtoffgas zu Salpeterſäure zu ver einigen. 1 Vol. Buchsbaumkohle, das nach dem Ausglühen bei 11° C. 9,2 Vol Sauerſtoffgas abſorbirt hatte, wurde in 15,6 Vol. Waſſerſtoffgas gebracht un vergrößerte dieſes Luftquantum um 3,21 Vol.; der Rückſtand, der nun 18,81 Vo betrug, beſtand aus 4,55 Vol. Sauerſtoffgas und 14,26 Waſſerſtoffgas; d Kohle enthielt alſo jetzt 1,34 Vol. Waſſerſtoffgas und 4,75 Vol. Sauerſtoffgas mit Waſſer in Berührung gebracht, entließ die Kohle von dem erſtern Ga 0,74 Vol. und von dem zweiten 0,23 Vol.; es blieben alſo noch 4,52 Vo Sauerſtoffgas und 0,6 Vol. Waſſerſtoffgas zurück. Es treibt aber Waſſer au einer bloß mit Waſſerſtoffgas (mit 1,75 Vol.) geſättigten Kohle 1,1 Vol. au und behält alſo noch 0,65 Vol. oder nahe dieſelbe Menge zurück. Man ſieht alſ daß der Sauerſtoff und Waſſerſtoff in der Kohle nicht als Waſſer, wenigſtens nic in irgend bemerkbarer Menge vorhanden geweſen ſein konnten, weil nämlich di Abſorption des Sauerſtoffgaſes und des Waſſerſtoffgaſes in einem ganz ander Verhältniſſe ſtehen, als worin ſie Waſſer bilden; ferner weil die Temperatur b dem Zuſammentreffen der Gaſe ſinkt, und endlich, weil die Austreibung der beide Gaſe durch das Waſſer in einem Verhältniſſe erfolgt, welches zeigt, daß ſie nicht b einander ſind, um Waſſer zu bilden.

Sauſſure bemerkt auch, daß die Mengen von Sauerſtoffgas und Waſſer ſtoffgas, welche eine Kohle abſorbirt, verſchieden ſind nach den Mengen beider welche in dem Recipienten zurückbleiben, und daß jene und dieſe mit einander i beſtimmten Verhältniſſen ſtehen. So ließ eine mit Sauerſtoffgas geſättigte Kohl als ſie in 15,6 Vol. Waſſerſtoffgas gebracht wurde, 4,55 Vol. Sauerſtoffgas fah ren, für welche ſie 1,34 Vol. Waſſerſtoffgas aufnahm; während eine ſolche Kohl in 11 Vol. Waſſerſtoffgas verſetzt, nur 3,12 Vol. Sauerſtoffgas entließ un 0,76 Vol. Waſſerſtoffgas einſog, weil der Gasrückſtand in dieſem Falle verhäl nißmäßig viel mehr Sauerſtoffgas als in dem vorigen enthielt. Dieſe freie Ge meinſchaft zwiſchen den Gaſen in der Kohle und denen außer derſelben, welche na der Abſorption ihr zur Atmoſphäre dienen, iſt ein fernerer Beweis, daß die ver einigten Gaſe in der Kohle keine dauerhafte Verbindung eingehen, wie bei d Waſſererzeugung der Fall wäre, ſondern daß ſie ſich nur bei ihrer gegenſeitige Berührung in der Kohle ein wenig zuſammenziehen.

Dulong und Thénard haben gefunden, daß Waſſerſtoffgas und Sauer ſtoffgas, wenn ſie gleichzeitig mit der Kohle in Berührung ſind, durch dieſe er bei 350° C. zu der Bildung von Waſſer veranlaßt werden; daß dagegen in einer Gemenge von Schwefelwaſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas oder atmoſphäriſcher Lu durch die Kohle ſchon bei gewöhnlicher Temperatur, unter Ausſcheidung vo Schwefel, Waſſer erzeugt werde. Wird nämlich die Kohle mit Schwefelwaſſer ſtoffgas geſättigt und ſodann in eine Atmoſphäre von trocknem Sauerſtoffga gebracht, ſo erfolgt die angeführte Vereinigung unter Detonation, welches um merkwürdiger iſt, da nach Sauſſure's Beobachtungen bei dem theilweiſen Aus tauſche der von der Kohle abſorbirten Gaſe Kälte erzeugt werden müßte.

7) Im Allgemeinen zeigen sich dieselben Erscheinungen, wie wir sie bei der Kohle betrachtet haben, bei allen porösen Körpern; jedoch können diese gegenseitigen Austreibungen der Gase in entgegengesetzter Ordnung statthaben, wenn die Verwandtschaft dieser Körper nicht dieselbe Ordnung befolgt. Meerschaum absorbirte in 2,5 Vol. eines Gemenges von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas 0,57 Vol. von dem erstern und 0,44 Vol. von dem letztern, also, der oben angeführten Absorptionsfolge der einzelnen Gase gemäß, von dem Sauerstoffgase mehr als von dem Wasserstoffgase; auch findet man, daß eine Verdichtung stattgefunden hat. Der Klebschiefer von Menilmontant absorbirte in demselben Gasgemenge ein gleich großes Volumen beider Gase. Ein Vol. Tannenholz absorbirte aus einem Gemenge von gleichen Theilen Stickgas und Wasserstoffgas von 4 Vol. 0,34 Vol. Wasserstoffgas und 0,11 Vol. Stickstoffgas; das Holz wirkt also gerade umgekehrt auf diese Gase, wie die Kohle oder der Meerschaum; doch bleibt auch bei dem Holze die Absorption des Gemisches mit der der einzelnen Gase übereinstimmend.

Die von Ingenhouß und namentlich von Humboldt beobachtete Absorption von Sauerstoff durch die einfachen Erden und deren Gemengen wurde allerdings von Saussure, Berthollet u. A. wenigstens für die humuslosen Erden in Zweifel gezogen, während sie durch die ausführlichen Untersuchungen Döbereiner's ihre Bestätigung fand; jedoch ist nicht untersucht worden, inwiefern diese Eigenschaft der Erden ihrem porösen Zustande oder ihrer chemischen Verwandtschaft zu jenem Gase und ihrer Verbindung mit demselben zuzuschreiben ist; die Absorption von Sauerstoff namentlich durch die humushaltigen Erden findet in der allmäligen Oxydation des Humus ihre einfache Erklärung und gehört also chemisch wenig, wie die oftmals bemerkte Absorption des Ammoniaks durch Thonerde, Eisenoxyd ꝛc. in die Reihe der hier betrachteten Erscheinungen, indem diese Absorptionen durch offenbar chemische Verwandtschaft veranlaßt werden. Dagegen verdient eine von Magnus bekannt gemachte Eigenschaft des mittelst Wasserstoffes bei möglichst niedriger Temperatur reducirten pyrophorischen Eisens hier Erwähnung; dieses Eisen hält nämlich einen Theil des Wasserstoffgases zurück, welches sich wiederum durch Kohlensäuregas austreiben läßt, wofür aber dieses vom Eisen absorbirt wird. Eine ähnliche absorbirende Eigenschaft besitzt in ausgezeichnetem Grade das sogenannte Platinmohr oder Platinschwarz, welches nichts anderes ist, als sehr fein vertheiltes metallisches Platin. Dieses, wenn man es durch Behandlung mit Ameisensäure (die dadurch zu Kohlensäure oxydirt wird) von Sauerstoffgas befreit hat, absorbirt dann nach Döbereiner das 250fache seines Volumens an Sauerstoffgas und hat dann die Eigenschaft, nicht allein Wasserstoffgas, Ammoniakgas und andere brennbare Gase unter Entwickelung einer so großen Wärme zu verschlucken, daß die Entzündung der letztern erfolgt, sondern auch in Berührung mit mancherlei Dämpfen, namentlich mit Weingeist, Aether ꝛc. durch Oxydation derselben eine Reihe von neuen chemischen Verbindungen zu erzeugen, wie z. B. die Lampensäure, Essigsäure u. a., welche Eigenschaft jedoch auch schon das feste Platin, namentlich das zu Draht verarbeitete, besitzt, sowie auch Faraday gefunden hat, daß reines Platinblech, welches gegen das unvermischte Sauerstoffgas und Wasserstoffgas keine Absorption zeigt, wenn es mit einem Gemenge beider Gase in Berührung gebracht wird, augenblicklich die Verbindung derselben zu Wasser bewirkt.

Ueber die bei der Abſorption von Gaſen durch die Kohle beobachtete Wärmeentwickelung und die hierdurch bewirkte Selbſtentzündung der letztern ſ. Kohle, wo auch die Abſorptionserſcheinungen, welche bei der Kohle (namentlich der thieriſchen) in ihrem Verhalten gegen riechende Dünſte, gegen Verunreinigungen und die färbenden Subſtanzen in Flüſſigkeiten ſtattfinden, zur Sprache kommen.

E. W.

Abſtand der Nachtgleiche vom Mittage, ſ. Nachtgleiche.

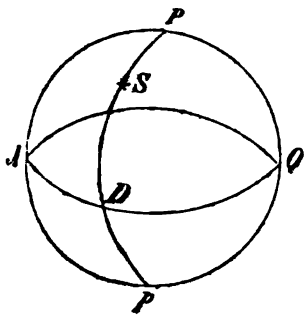
Abſtand vom Scheitel, ſ. Scheitel.

Abſteigung, gerade und ſchiefe, ſ. Aufſteigung eines Geſtirnes.

Abſtoßung, ſ. Anziehung.

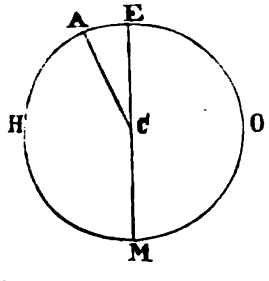
Abtreiben (lat. capellatio) iſt eine Operation, mit deren Hülfe man Gold und Silber in ihren Legirungen mit unedlen Metallen von den letzteren abſcheidet. Dieſes geſchieht dadurch, daß man die Legirung flüſſig macht, zu welchem Behufe man Blei zuſetzen muß, wenn ſie nicht ſchon an und für ſich leichtflüſſig genug iſt, und dann reichlich atmoſphäriſche Luft hinzuleitet, welche die unedlen Metalle oxydirt, während Gold und Silber ſich im metalliſchen Zuſtande erhalten. Gegen Ende der Operation wird die Legirung durch das allmälige Verſchwinden des größten Theiles ihres Bleigehalts natürlich ſchwerflüſſig und man muß dann eine ſtärkere Hitze anwenden, bis bei dem Silber der ſogenannte Silberblick erfolgt, welcher durch das plötzliche Hervortreten der glänzenden Metallfläche ſich zu erkennen giebt; man unterbricht dann die Operation und muß das Silber, welches, wenn man im Großen operirte, oft noch 10—12 Proc. Blei enthält, durch das ſogenannte Feinbrennen, ein ähnliches Abtreiben auf kleineren Heerden, weiter läutern. Der Heerd, auf welchem abgetrieben wird (Treibheerd), hat die Form einer runden gleichmäßig vertieften Schüſſel, und iſt in ſeiner Vertiefung mit einer Subſtanz ausgefüttert, welche vermöge ihrer Poroſität die im Verlaufe der Operation ſich bildenden Oxyde ganz oder zum Theil abſorbiren und in ſich aufnehmen kann; man wendet hierzu beſonders Kalkmergel, Holzaſche und am zweckmäßigſten, namentlich bei dem Abtreiben im Kleinen, Knochenaſche an; die ſchalenförmigen Gefäße von Knochenaſche nennt man Capellen (Cupellen, Coupelles). Um einen Verluſt an Silber möglichſt zu vermeiden, muß man die Hitze genau reguliren und namentlich keine zu hohe Temperatur anwenden, weil bei dieſer leicht durch Verdampfen ein Theil des Silbers verloren gehen kann; jedoch darf die Hitze auch nicht zu ſchwach ſein, weil ſonſt die Bleiglätte nicht gehörig flüſſig würde und von der Capelle nicht ſo leicht abſorbirt werden könnte. Ueber das Abtreiben im Kleinen, mit Hülfe des Löthrohrs, namentlich bei quantitativen Unterſuchungen von Erzen und Hüttenproducten, vergl. Löthrohr. E. W.

Abweichung (aſtronomiſche) oder Declination eines Geſtirns (lat. declinatio; franz. déclinaison; engl. declination) nennt man den Theil SD des durch die Pole P und p des Aequators AQ und durch einen Stern S hindurch gehenden, Declinations- oder Abweichungskreis dieſes Sternes genannten, größten Kugelkreiſes PSDp, welcher Theil alſo zwiſchen dem Aequator AQ und dem Sterne S liegt. Steht nun der Stern nord- oder ſüdwärts vom Aequator, ſo hat er reſp. eine nördliche oder ſüdliche Abweichung, welche von 0° (im Aequator) an bis 90° (im Nord- oder Südpole) wachſen kann. So z. B.



heißt + 40° Declination: der Stern ſteht vom Aequator um 40° nordwärts ab, und — 50° 30′ Abweichung heißt: der Stern iſt um 50° 30′ vom Aequator ſüdwärts entfernt. Culminirt ein Stern, fällt alſo ſein Abweichungskreis mit dem Mittagskreiſe des Beobachtungsortes zuſammen, ſo iſt in dieſem Augenblicke die Abweichung dieſes Sterns gleich dem Unterſchiede ſeiner Mittagshöhe (größten Höhe) und der Aequatorhöhe. In unſern Gegenden iſt für die Sonne zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, wo die Sonne im Aequator ſelbſt ſteht, ihre Abweichung = 0, zur Zeit der Sommer-Sonnenwende gleich der Schiefe der Ekliptik (+ 23° 27′) und zwar am größten nördlich, zur Zeit der Winter-Sonnenwende ebenfalls der Schiefe der Ekliptik (— 23° 27′) gleich, jedoch am größten ſüdlich. — Durch die Abweichung und die gerade Aufſteigung (ſ. d. Art.) wird der Ort eines Geſtirns an der ſcheinbaren Himmelskugel beſtimmt. J.

Abweichung (magnetiſche) oder Declination der Magnetnadel (lat. declinatio oder variatio acus magneticae; franz. déclinaison de l'aiguille aimantée; engl. variation of the compass) nennt man den Winkel, unter welchem die Ebene des magnetiſchen Meridians gegen die Ebene des aſtronomiſchen (wahren) Meridians geneigt iſt. Die Magnetnadel zeigt nämlich nur an wenigen Orten der Erde mit ihrem Nordende genau nach dem geogr. Nordpole; vielmehr zeigt ſie bald nach einem öſtlich bald nach einem weſtlich von dem wahren Nordpunkte gelegenen Punkte. Im erſten Falle ſagt man, ſie habe öſtliche Abweichung; im zweiten Falle, ſie habe weſtliche Abweichung. Geſetzt, HO ſei der Horizont,



ME die Linie, in welcher der wahre Meridian den Horizont ſchneidet (die Mittagslinie), CA die Linie, in deren Richtung die im Beobachtungsorte C aufgeſtellte Magnetnadel ſich einſtellt, ſo iſt der Winkel ACE, welcher durch den Bogen AE des Horizontes gemeſſen wird, die Abweichung der Magnetnadel für den Ort C. Die Magnetnadel iſt in einer fortwährenden Bewegung, ändert alſo auch ihre Abweichung fortwährend, indeß läßt ſich doch für jeden Ort eine beſtimmte mittlere Richtung nachweiſen, um welche die Schwankungen (Oscillationen) der Nadel ſtattfinden und welche geraume Zeit dieſelbe bleibt; nach dieſer mittleren Richtung beſtimmt man die ſogenannte abſolute Abweichung der Nadel für einen beſtimmten Ort.

Da man ſich der Magnetnadel zur Orientirung von Gebäuden, zu Sonnenuhren, als Wegweiſer auf den Schiffen und in Bergwerken bedient, ſo iſt es ſchon in dieſer Beziehung — abgeſehn von dem rein wiſſenſchaftlichen Intereſſe — von großer Wichtigkeit, genau die Declination kennen zu lernen und Mittel zu beſitzen, um ſie beſtimmen zu können. Kennt man nämlich die Declination, ſo iſt es leicht, die Richtung der Mittagslinie für einen Ort zu beſtimmen.

Zur Bestimmung der Declination bedient man sich der Declinatorien oder Declinations-Bousſolen oder des Magnetometers. (S. diese Artikel.) Wir besitzen eine große Anzahl von Beobachtungen der Abweichung der Magnetnadel, welche von Reisenden an verschiedenen Orten der Erde angestellt worden sind. Schon Columbus soll auf dieselbe aufmerksam geworden sein. Die älteren Beobachtungen sind jedoch schon darum zum großen Theil unbrauchbar, weil man früher auf die Ablenkung (s. d. Art.) der Magnetnadeln durch das Schiffseisen keine Rücksicht nahm. Halley war der Erste, welcher versuchte, die bis zu seiner Zeit gemachten Beobachtungen zusammenzustellen; er veröffentlichte 1700 eine Seekarte, auf welcher die Linien gleicher Abweichung von 5 zu 5 Grad eingetragen sind. So nennt man nämlich die Linien, welche die Orte mit einander verbinden, welche gleiche Abweichung der Magnetnadel haben. Auch isogonische Linien (v. d. griech. ἴσος gleich und γωνία Winkel) werden diese Linien genannt, weil sie die Punkte angeben, an denen der Winkel, welchen der magnetische Meridian mit dem wahren Meridiane macht, derselbe ist. Im J. 1745 und 1746 gaben Mountain und Dodson eine neue Karte der Abweichungen heraus, zu welcher sie die Register der englischen Admiralität benutzt hatten. Churchmann ließ 1794 einen magnetischen Atlas erscheinen, in welchem er die Gesetze der Abweichung anzugeben suchte, wobei er von der Annahme zweier magnetischen Pole der Erde ausging, von denen der eine für 1800 unter 58° n. Br. und 134° w. L. von Greenwich, der andere unter 58° s. Br. und 165° L. läge. Churchmann behauptete, daß der Nordpol seinen Umlauf in 1096 Jahren, der Südpol den seinigen in 2289 Jahren vollende. Schon 1787 hatte aber Hansteen die vollständigste Darstellung der Beobachtungen der Declination gegeben, welche man bis dahin kannte. Zugleich lieferte er einen Atlas, in welchem alle Linien gleicher Abweichung verzeichnet sind. Die Abweichung dieser Linien von der Symmetrie war so groß, daß man daraus schließen mußte, daß die Ursachen, von denen der Erdmagnetismus abhängt, auf eine unregelmäßige Weise über die Erdoberfläche verbreitet seien. Barlow nahm diese Arbeit 1823 wieder auf, aber Duperrey hat 1836 neue Karten *) veröffentlicht, in denen die Declination der Magnetnadel ihrer wahren Bestimmung gemäß angewendet ist, welche darin besteht, die Richtung des magnetischen Meridians in jedem Punkte der Erdkugel, wo er beobachtet worden, kennen zu lehren, und zugleich, in Folge dessen, die Gestalt der Curven, welche von einem magnetischen Pole bis zum andern die magnetischen Meridiane aller der Orte sind, durch welche sie gehen. (S. d. Art. Magnetismus der Erde.)

Die Anzahl der besonders seit dem Beginne des gegenwärtigen Jahrhunderts gemachten Declinationsbeobachtungen ist zu groß, um hier vollständig aufgeführt und besprochen zu werden. Einige Beobachtungsreihen geben zu interessanten Bemerkungen Gelegenheit. So hat der Capitain Parry 1819 eine Reihe von Beobachtungen in den Polarmeeren theils am Lande, theils auf dem Eise angestellt, immer in hinreichender Entfernung vom Schiffe, um den störenden Einfluß des Schiffseisens (vergl. Ablenkung der Magnetnadel) zu vermeiden. Vergleicht man die von ihm gefundenen Bestimmungen der Abweichung, so fällt auf, daß Bestimmungen, welche an demselben Beobachtungsorte bei verschiedenen Beobach-

*) Cartes des Méridiens et des Parallèles magnétiques. Paris, 1836.

ungen erhalten wurden, Differenzen von 2°, 3° und ſogar von 7° zeigen. Man ſchreibt dieſe großen Differenzen dem Umſtande zu, daß in den Polargegenden die freie Nadel eine faſt ſenkrechte Stellung annimmt, ſo daß die ſie in der horizontalen Ebene richtende Kraft ſo gering iſt, daß die geringſten ſtörenden Einflüſſe ſchon eine bedeutende Ablenkung der Nadel aus der normalen Stellung zur Folge haben. Die richtende Kraft ſoll ſo gering ſein, daß ſie kaum im Stande iſt, die Reibung der Nadel auf dem ſie unterſtützenden Stifte zu überwinden.

Abweichungen der Magnetnadel für verſchiedene Orte der Erde.

(Auszug aus dem Tableau général des observations magnétiques dressé par M. le capitaine L. J. Duperrey.)

Frankreich und Niederlande.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Paris	1800	48°50′ N.	0° 0′	Cotte	22°12′ W.
	1802	=	=	Bouvard	22 13
	1805	=	=	=	22 15
	1807	=	=	=	22 34
	1811	=	=	Arago	22 25
	1812	=	=	=	22 29
	1813	=	=	=	22 28
	1814	=	=	=	22 34
	1816	=	=	=	22 25
	1817	=	=	=	22 19
	1818	=	=	=	22 26
	1819	=	=	=	22 39
	1821	=	=	=	22 25
	1822	=	=	=	22 11
	1823	=	=	=	22 23
	1824	=	=	=	22 23
	1825	=	=	=	22 13
	1827	=	=	=	22 20
	1828	=	=	=	22 6
	1829	=	=	=	22 12
	1832	=	=	=	22 3
	1835	=	=	=	22 4
Dünkirchen	1836	51 2	0 2 O.	La Roche	22 21
Brest	1825	50 4	1 58 W.	Givry	22 31
Le Havre	1834	49 29	2 14	Bégat	22 59
Cherbourg	1832	49 39	3 57	=	23 58
Le Chauſey	1829	48 52	4 10	Dauſſy	23 31
Brehat	1831	48 51	5 20	Givry	24 49
Brest	1833	48 23	6 50	Guépratte	24 41
Groix	1818	48 15	6 50	Dauſſy	25 7
Lorient	1819	47 45	5 41	=	24 28
Pennemoutier	1822	47 0	4 34	=	24 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſ Abweichu
Ile d'Yeu	1822	46°43′ N.	4°40′ W.	Dauffy	23°42′
I. de Ré } T. des Bal.	1824	46 15	3 54	″	22 10
I. de Ré } Ste.-Marie	1824	46 9	3 38	″	22 2
La Rochelle . . .	1824	46 10	3 28	″	23 6
Rochefort	1824	45 56	3 18	″	22 59
Marennes	1824	45 49	3 27	″	22 56
Cordouan	1825	45 35	3 30	″	22 30
Bordeaux	1825	44 50	2 54	″	22 22
Teſte de Buch . . .	1826	44 38	3 28	″	22 33
Bayonne	1826	43 31	3 50	″	22 19
Montpellier . . .	1828	43 37	1 33 O.	Gergonne	20 29
Marſeille	1798	43 18	3 2	Humboldt	20 55
″	1817	″	″	Blanpin	19 48
Toulon	1811	43 7	3 35	Strode	19 10
″	1818	″	″	Gauttier	19 30
″	1822	″	″	Duperrey	19 20
″	1830	″	″	Bloſſeville	19 19
″	1831	″	″	Bérard	19 13
″	1832	″	″	″	19 11
Brüſſel	1827	50 51	2 2	Quetelet	22 29
″	1830	″	″	″	22 25
″	1832	″	″	″	22 19
″	1833	″	″	″	22 13
″	1834	″	″	″	22 15
″	1835	″	″	″	22 7
″	1836	″	″	″	22 8
″	1837	″	″	″	22 4
″	1838	″	″	″	22 4
″	1839	″	″	″	21 53
Antwerpen	1800	51 13	2 4	Beautemps-Beaupré .	21 30
Oſtende	1804	51 14	0 35	″ ″	21 0
Vließingen	1800	51 27	1 15	″ ″	21 20

Großbritannien.

London	1800	51°28′ N.	2°20′ W.	Gilpin	24° 3
″	1801	″	″	″	24 4
″	1802	″	″	″	24 6
″	1803	″	″	″	24 8
″	1804	″	″	″	24 8
″	1805	″	″	″	24 8
″	1806	″	″	Waddel	24 8
″	1807	″	″	″	24 10
″	1808	″	″	″	24 10
″	1809	″	″	″	24 11
″	1811	″	″	″	24 14
″	1812	″	″	″	24 16
″	1813	″	″	Beaufoy	24 20
″	1815	″	″	″	24 17
″	1816	″	″	″	24 17
″	1817	″	″	″	24 17

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
London	1818	51°28′ N.	2°20′ W.	Beaufoy	24°15′ W.
"	1819	"	"	"	24 14
"	1820	"	"	"	24 11
"	1821	"	"	"	24 11
"	1822	"	"	"	24 9
"	1823	"	"	"	24 10
"	1831	"	"	"	24 0
Falmouth	1830	50 8	7 23	H. Foster	25 25
Plymouth	1831	50 22	6 30	King	25 18
Leith	1838	51 38	2 42	J. Roß	23 59
Edinburgh	1838	51 56	12 37	"	28 42
Arwick	1838	60 9	3 27	"	27 9
Stenburg	1823	55 58	5 30	Wallace	27 48
Orkney-Inseln	1821	58 48	5 15	Parry	27 32
Stromness	1819	58 56	5 48	Franklin	27 50
Cork	1832	55 4	10 40	Mudge	28 5

Rußland und Sibirien.

St. Petersburg	1811	59°56′ N.	27°59′ O.	Henry	7°16′ W.
"	1818	"	"	Wisniewski	7 27
"	1828	"	"	Hansteen	6 41
Reval	1805	55 45	35 17	Goldbach	5 24
"	1828	"	"	Hansteen	3 3
Hangoroe	1828	58 31	28 56	"	6 26
Archangel	1822	64 34	38 14	Lütke	1 17 O.
Insel Dewitsch	1824	60 53	30 32	"	1 23 W.
Insel Kildin	1824	69 22	31 0	"	1 2
Insel Seven	1824	69 0	34 10	"	0 30
Matotschkin	1824	73 19	52 0	"	10 34 O.
Kasan	1828	55 47	46 46	Erman	2 22
Orenburg	1811	50 0	34 6	Huth	5 17 W.
Astrakan	1813	46 21	45 46	Koledkin	2 13
Kasan	1831	47 7	49 39	Poggendorff's Karte	0 0
Caucasum-Kalek	1824	43 0	38 40	Gauttier	6 30
Kasan	1831	41 30	42 41	Poggendorff's Karte	5 0
N. Nowgorod	1828	56 20	41 40	Erman	0 35 O.
Jaroslaw	1830	48 42	42 13	Hansteen	1 52 W.
Saratow	1830	51 31	43 44	"	0 7
Sebastopol	1820	44 36	31 10	Gauttier	8 30
Kasan	1820	45 3	33 2	"	8 10
Asowsches Meer	1820	45 15	34 10	"	8 0
Odessa	1830	46 29	28 23	Marigny	10 30
Kasan	1828	45 26	26 56	Ruff. Officiere	8 53
Orenburg	1830	51 45	52 46	Hansteen	3 22 O.
Kasan	1828	58 1	54 6	"	6 4
Orel	1829	51 12	56 12	"	4 4
Katharinenburg	1828	56 50	58 19	"	6 27
Tobolsk	1805	58 12	65 46	Schubert	5 27
"	1828	"	"	Hansteen	6 27
Jakutsk	1828	61 15	66 25	Erman	11 45

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Schorkal	1828	63° 0′ N.	65° 2′ O.	Erman	11° 9′ O.
Berefow	1828	63 56	65 0	"	11 16
Obdorsk	1828	66 40	66 30	"	14 29
Tara	1805	56 55	71 45	Schubert	3 46
"	1829	"	"	Erman	9 38
Barnaul	1829	53 20	81 37	Hansteen	7 25
Omsk	1829	54 59	71 19	"	8 49
Tomsk	1828	56 30	82 50	"	8 32
Krasnojarsk	1829	56 1	90 37	"	6 43
Udinsk	1829	54 55	96 42	"	4 38 W.
Jenisseisk	1829	58 27	89 50	"	6 56 O.
Somorokova	1829	61 39	87 32	"	10 16
Kangatovo	1829	63 29	84 55	"	13 14
Turukhansk	1829	65 56	85 12	"	15 1
Irkutsk	1805	52 17	101 51	Schubert	0 32
"	1820	"	"	Wrangel	2 30
"	1829	"	"	Erman	2 5
"	1829	"	"	Hansteen	1 37
"	1830	"	"	G. Fuß	1 25
Troizko-Sovsk	1829	50 21	104 15	Hansteen	0 5
" "	1831	"	"	G. Fuß	0 1
Stepnoi	1830	52 10	104 0	"	1 8
Progromnoi	1832	52 30	108 43	"	0 18 W.
Tschitanskoi	1832	52 1	111 7	"	1 13
Uststretensk	1832	53 20	119 31	"	4 21
Attanskoi	1832	49 28	109 10	"	0 48
Mendshinskoi	1832	49 26	106 35	"	0 12
Tharazaiska	1832	50 29	102 22	"	0 27 O.
Kirensk	1829	57 47	105 42	Erman	0 54
Krestova	1829	59 44	110 43	Hansteen	2 13 W.
Nothuiskaïa	1829	59 15	115 22	"	1 54
Markinskaïa	1829	60 36	121 8	"	2 20
Wiluisk	1829	63 45	119 10	"	1 42
Bogadiakh	1829	64 2	122 30	"	1 38
Jakutsk	1820	62 2	127 44	Wrangel	5 50
"	1829	"	"	Hansteen	5 48
"	1829	"	"	Erman	5 55
Nokhinskaïa	1829	61 57	132 45	"	2 14
Okhotsk	1829	59 20	140 52	"	2 16
Tigil	1829	57 57	155 42	"	3 41 O.
Jelowka	1829	56 56	158 2	"	5 9
Avatcha	1805	53 1	156 24	Krusenstern	5 39
"	1827	"	"	Beechey	4 13
"	1829	"	"	Erman	4 15
Cap Swatoi-nos	1823	71 30	143 40	Wrangel	8 42
"	1823	76 30	135 40	"	16 0
Cap Magatoff	1823	72 0	147 40	"	11 3
Neu-Sibirien	1823	75 0	147 40	"	15 15
Neu-Kolymsk	1823	68 32	158 30	"	11 45
Bäreninsel	1823	70 30	160 40	"	14 4
Im Meere	1823	70 45	162 40	"	14 51
Techaunkaïa	1823	70 0	167 40	"	18 3

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Golf St.-Laurent .	1828	65°36′ N.	173° 4′ W.	Lütke	24° 4′ O.
Meerenge v. Seniavine	1828	64 54	174 35	″	23 0
Golf v. Anadir . .	1828	65 0	178 55 O.	″	18 40
Kreyhai	1828	65 55	178 30	″	21 45
Bai Katmanoff . .	1828	65 0	174 40 W.	″	23 0
Insel Karaginsky . .	1828	59 0	161 25 O.	″	6 20
Land der Kariaken .	1828	62 0	176 40	″	13 35
Beringsinsel . . .	1827	57 17	163 30	″	5 50

Dänemark, Schweden und Norwegen.

Christiania . . .	1816	59°54′ N.	8°25′ O.	Hansteen	20°15′ W.
″	1818	″	″	″	20 0
″	1822	″	″	″	19 45
″	1828	″	″	″	19 45
″	1830	″	″	″	19 50
Drontheim . . .	1825	63 26	8 3	″	19 36
Grans	1821	60 22	8 12	″	18 50
Arendal	1821	60 20	6 17	″	22 12
Ulvesvang . . .	1821	60 20	4 18	″	22 51
Stockholm . . .	1828	59 20	15 43	″	14 57
″	1830	″	″	″	14 54
″	1833	″	″	Rudberg	14 57
Upsala	1834	59 52	15 18	″	14 32
Kopenhagen . . .	1817	55 41	10 14	Wleugel	18 5
Abo	1825	60 27	19 57	Hansteen.	11 20
Wasa	1825	63 4	19 18	″	12 38
Hasa	1825	65 18	19 0	″	10 6
Gradestad	1825	64 50	22 10	″	10 38
Torneo	1825	65 51	21 50	″	12 7
Luleberg	1825	65 1	23 15	″	9 32
Kariee	1816	70 5	27 33	Christie	7 55
Hammerfest . . .	1823	70 40	21 25	Forster	11 26
″	1827	″	″	Parry	10 14

Spitzbergen, Island und Grönland.

Insel Observatorium	1818	79°39′ N.	8°40′ O.	Franklin	24°31′ W.
Treurenberg . . .	1827	79 55	14 29	Parry	18 46
Seegat	1827	79 55	15 9	″	17 49
Insel Forster . . .	1827	79 34	16 57	″	15 40
Fair-Haven . . .	1827	79 50	9 20	″	25 12
Insel Cherry . . .	1810	74 45	15 30	K. d. Abweich. . .	15 0
Reykawik	1836	64 8	24 16 W.	Lottin	43 14
Utagvellir . . .	1836	64 15	23 30	″	40 8
Hekla	1836	63 58	22 3	″	45 50
Sediund	1836	63 54	22 8	″	40 49
Bai Gael-Hamkel . .	1822	74 0	19 0	Scoresby	42 8
Bai Forster . . .	1822	72 40	24 20	″	45 0
Meerenge v. Scoresby	1822	70 35	24 2	″	43 24

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Insel Graah . . .	1829	65°20′ N.	41° 0′ W.	Graah	54°46′ W.
Insel Griffenfelds .	1829	63 0	43 40	″	53 30
Cap Rantzau . . .	1829	61 46	44 48	″	52 20
Christianskanal . .	1829	60 10	45 20	″	50 50
Frederichstal . . .	1829	60 0	47 19	″	50 30
Insel Hare . . .	1818	70 26	57 12	″	72 9
Insel Baffin . . .	1818	74 4	60 12	″	84 9
Insel Sabine . . .	1818	75 28	62 56	″	88 25
Deutschland und Schweiz.					
Travemünde . . .	1811	53°57′ N.	8°34′ O.	Beautemps-Beaupré .	19° 6′ W.
Lübeck	1811	53 51	8 20	″ ″ .	19 6
Elbmündung . . .	1812	53 56	6 40	″ ″ .	20 0
Aurich	1821	52 28	5 7	Oltmanns	20 40
Berlin	1805	52 32	11 2	Bode	18 5
″	1825	″	″	Erman	17 40
″	1829	″	″	Humboldt	17 31
Bentheim	1817	52 19	4 48	Oltmanns	19 41
Bochholt	1822	51 51	4 15	″	20 58
Emden	1816	52 22	4 52	″	20 42
Kirch-Hesepe . . .	1817	52 38	4 54	″	20 18
Leipzig	1825	51 20	10 2	Schmidel	17 45
Meppen	1817	52 41	4 56	Oltmanns	20 37
Nordhorn	1817	52 26	4 42	″	19 53
Wismar	1819	53 49	9 16	″	20 35
Genf	1804	46 12	3 49	———	21 13
″	1825	″	″	Gauttier	19 30
Danzig	1811	54 21	16 18	Koch	13 48
Königsberg . . .	1828	54 43	18 10	Erman	13 17
Tangermünde . . .	1814	52 33	—	Stopel	19 0
Kremsmünster . . .	1815	51 58	5 18	Scharzeub (?) . . .	17 20
″	1816	″	″	″	17 15
″	1817	″	″	″	16 45
″	1818	″	″	″	16 40
″	1819	″	″	″	16 40
″	1820	″	″	″	16 20
″	1821	″	″	″	16 38
″	1822	″	″	″	16 30
″	1823	″	″	″	16 28
″	1824	″	″	″	16 25
Trieſt	1812	45 39	12 26	Rümker	17 44
Spanien und Portugal.					
Madrid	1799	45°25′ N.	6° 2′ W.	Humboldt	22° 2′ W.
Cadix	1807	36 32	8 38	Givry	22 30
Corunna	1806	43 24	10 40	Bradley	20 47
Vermejo	1836	43 20	5 13	H. Thompſon . . .	23 0
Liſſabon	1811	38 42	11 26	Franzini	22 45

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cadix	1820	38°42′ N.	11°26′ W.	Owen	22°42′ W.
"	1829	"	"	G. Fisher . . .	22 23
Alicante	1800	38 20	2 49	Atkinson . . .	19 25
Barcelona	1798	41 23	0 10	"	18 0
Meerenge v. Gibraltar	1825	36 2	7 45	Duperrey . . .	21 25
Malaga	1826	36 4	7 44	D'Urville . . .	21 22
Insel Minorca . .	1811	43 7	3 35	Strode	19 10
Insel Alboran . .	1818	35 57	5 21	Rümker	21 18

Italien und Dalmatien.

Trapani	1819	43°40′ N.	14° 2′ O.	Smith	14°15′ W.
Augusta	1809	42 38	15 47	Beautemps-Beaupré .	15 48
Ischia	1823	44 7	12 48	Smith	14 43
Pola	1823	44 52	11 30	"	15 15
Parenzo	1819	45 14	11 15	"	16 5
Venedig	1821	45 32	9 14	Oltmanns	20 32
Livorno	1818	40 9	16 9	Gauttier	19 0
Insel Elba . . .	1818	42 7	13 10	"	16 18
Ancona	1818	43 37	11 10	"	18 9
Palermo	1814	38 7	11 0	Pazzi	18 30
"	1815	"	"	Smith	18 45
Messina	1815	38 11	13 15	"	18 33
"	1829	"	"	G. Fisher . . .	17 12
Marsala	1818	38 1	9 44	Rümker	17 30
Neapel	1815	38 28	12 38	Smith	19 1
Rom	1815	38 43	10 51	"	18 57
Insel Pantellaria .	1815	36 51	9 34	"	17 52
Livorno	1823	40 27	17 6	"	13 56
Padua	1818	42 16	16 30	"	14 56
Bonifacio	1821	41 23	6 49	Hell	17 28
Calvi	1824	42 34	6 25	"	18 26
Ajaccio	1824	41 55	6 24	"	18 15
Sagone	1824	42 6	6 21	"	19 19
Malta	1829	35 54	12 9	G. Fisher . . .	15 15
"	1839	"	"	Caligny	15 25
Neapel	1829	40 53	11 55	G. Fisher . . .	15 20
Solfatara (Krater) .	1829	40 49	12 6	"	12 25
Pola	1829	40 50	11 45	"	15 20
Syracus	1815	37 3	12 57	Smith	17 45
"	1829	"	"	G. Fisher . . .	16 40
Catania	1829	37 30	12 45	"	16 28
Aetna-Gipfel . . .	1829	37 44	12 40	"	18 35
Livorno	1828	43 33	7 57	Rümker	19 20
Porto-Ferrajo . .	1828	42 49	8 0	"	16 29
Durazzo	1818	41 19	17 7	"	15 58

Griechenland und Türkei.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cephalonien . . .	1815	38° 0′ N.	11°44′ O.	Smith	18°40′ W.
Korfu	1818	39 38	17 35	=	14 34
Kandia	1823	35 25	22 50	Gauttier	12 0
Navarin	1814	36 52	19 21	Duperrey	14 32
Conſtantinopel . .	1820	41 2	26 34	Gauttier	10 30
Smyrna	1829	38 24	24 18	G. Fiſher	10 36
Inſ. Imbro . . .	1820	40 10	23 30	Gauttier	12 25
Dardanellen . . .	1820	40 9	24 4	=	12 25
Inſ. Marmara . .	1820	40 40	28 26	=	11 20
Cololimno	1820	40 30	26 10	=	10 43
Donaumündung . .	1824	45 14	27 0	=	10 10
Sinope	1824	42 4	32 49	=	8 50
Trapezunt	1824	41 2	37 26	=	7 30
Tripoli in Syrien .	1820	34 26	33 31	=	9 30
Cap Matapan . . .	1839	36 21	20 5	Caligny	12 0
Tenedos	1839	39 51	23 45	=	11 36
Jaſſy	1828	47 10	25 15	Ruſſ. Officiere . .	11 52
Galatz	1828	45 26	28 43	=	11 2
Roman	1828	46 55	24 35	=	11 30
Bucharest	1829	44 26	24 15	=	11 14
Kalaraſch	1829	44 11	25 0	=	11 14
Mugureni	1831	43 45	22 32	=	11 1
Kalafat	1831	43 59	20 35	=	11 43
Krayovah	1831	44 19	21 27	=	12 48
Baba-Tagh	1828	44 53	26 24	=	12 10
Kuſtenja	1828	44 10	26 22	=	11 33
Kavarnah	1830	43 26	26 3	=	10 12
Joannopolis . . .	1829	42 29	24 13	=	11 35
Lulet-Burghaz . .	1829	41 24	25 1	=	11 25
Aïdos	1829	42 42	22 28	=	11 32
Anchiolos	1829	42 33	25 2	=	11 19
Didymotichos . . .	1829	41 21	24 10	=	11 41

Aegypten und Arabien.

Suez	1800	30° 0′ N.	30° 8′ O.	—	12° 0′ W.
Alexandria . . .	1822	31 11	37 31	Smith	10 55
Medynet	1819	29 18	28 35	Cailliaud	10 0
Ez-Zabu	1820	28 22	26 44	=	12 13
Gurnah	1820	25 43	30 18	=	12 0
Sennar	1821	13 37	31 25	=	11 3
Singue	1821	10 32	32 32	=	11 30
Akromar	1823	19 10	28 0	Rüppel	11 16
Ambucol	1823	18 4	29 15	=	10 46
Mirza	1805	19 35	35 20	—	12 24
Mocka	1820	13 19	40 59	—	9 18
Cap Aden	1811	12 50	42 40	—	8 30
=	1825	=	=	Owen	8 42
Basrah	1812	30 29	45 20	—	5 30

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Brame	1825	29°23′ N.	45°38′ O.	Haines	6° 0′ W.
Jeerah	1822	26 0	53 10	″	4 0
Kanamah	1827	29 58	46 5	″	4 50
Inſ. Feloudſ . . .	1824	29 27	45 56	″	5 22
Mündung (?) . . .	1810	28 30	46 10	—	5 12
Lahram	1818	26 13	48 23	—	5 40
″	1825	″	″	Haines	5 20
Argenie	1823	24 27	50 7	—	4 27
Kap Jnagera . . .	1825	17 7	52 42	Owen	2 18
Grimstone's Inſ. .	1824	26 15	54 0	Haines	3 35
Cap Fartaſch . . .	1821	15 37	49 58	—	6 30
Nacala	1821	14 31	46 50	—	7 42
Gedicter	1801	15 32	39 40	—	9 0
Inſ. Hanſance . . .	1832	24 58	34 52	—	7 51
Kap Rabemet . . .	1832	27 43	32 2	—	9 48
Ter	1800	28 19	31 8	—	12 0
Mascat	1800	23 28	56 26	Horsburgh . . .	5 30
Kurdjat	1822	22 8	57 22	Moresby	6 12

Nördliches Africa.

Alexandria	1822	31°10′ N.	27°31′ O.	Smith	10°55′ W.
Arnaut	1821	32 23	20 56	″	14 55
Derna	1828	32 46	20 6	Beechey	14 30
Kap-Suja	1828	32 55	19 0	″	14 29
Lemgazi	1816	32 10	17 40	Richard	16 0
″	1828	″	″	Beechey	15 0
Gamera	1816	31 30	17 35	Richard	16 0
Landzunge v. Soufre .	1816	30 27	17 15	″	16 20
Landzunge Chebec . .	1816	31 13	14 15	″	16 30
Jrvirata	1828	32 23	12 51	Beechey	17 5
Tarcli	1816	32 54	10 51	Gauttier	16 45
″	1821	″	″	Smith	16 35
″	1828	″	″	Beechey	17 8
Inſ. Lampeduſa . .	1815	35 29	10 15	Smith	17 50
Inſ. Galita . . .	1833	37 31	6 36	Berard	17 7
Bona	1832	36 54	5 26	″	17 39
Cap de Fer . . .	1832	37 5	4 49	″	17 33
Bugelli	1832	36 50	3 25	″	18 16
Bedjia	1832	36 50	2 40	″	18 24 W.
Bujee	1832	36 47	0 44	″	19 25
Jagow	1833	35 52	2 37 W.	″	20 0
Oran	1831	35 44	3 0	″	20 9
Inſ. Zafarines . .	1833	35 11	4 46	″	21 7
Inſ. Alboran . . .	1818	35 57	3 21	Rümker	21 18
Meerenge v. Gibraltar	1825	36 2	7 45	Duperrey	21 25
Tanja	1811	35 54	7 36	————	22 30
Marocco	1804	30 32	9 30	————	20 39

Inſeln im Weſten von Africa.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
St.-Michel	1820	37°49′ N.	28° 3′ W.	Owen	25° 0′ W
″	1830	″	″	H. Forſter	24 31
Flores	1820	39 33	33 28	Owen	18 30
Fayal	1814	38 30	31 2	Reid	23 30
Terceira	1836	38 39	29 33	Fitz-Roy	24 18
Porto-Santo	1819	33 3	18 44	Owen	23 29
Madeira	1813	32 38	19 55	Shortland	22 0
″	1821	″	″	Rümker	23 0
Teneriffa	1817	28 28	18 33	Freycinet	21 4
″	1822	″	″	Duperrey	21 0
″	1826	″	″	D'Urville	22 37
St.-Anton S.	1822	16 57	27 42	Owen	15 30
St.-Anton N.	1822	17 11	27 35	Duperrey	15 3
Porto-Praya	1822	14 54	26 0	Owen	15 0
″	1836	″	″	Fitz-Roy	16 30
Aſcenſion	1806	7 55 S.	16 44	Bonſoë	15 40
″	1816	″	″	Brine	15 30
″	1825	″	″	Duperrey	16 52
St.-Helena	1806	15 55	8 3	Kruſtenſtern	17 18
″	1815	″	″	Roß	17 30
″	1816	″	″	Meynell	17 30
″	1825	″	″	Duperrey	19 34
″	1836	″	″	Fitz-Roy	18 0
Triſtan-d'Acunha	1811	37 6	14 21	Haywood	9 18
″	1813	″	″	Fitz-Maurice	9 48
″	1825	″	″	James Herd	10 59
Gough	1811	40 19	12 5	Haywood	10 30
″	1813	″	″	Fitz-Maurice	11 51

Weſtliches Africa.

Cap Bajador	1818	26° 7′ N.	16°30′ W.	Givry	18°30′ W
Ouro, Fl.	1821	23 36	18 18	Owen	20 0
Angra da Cintra	1818	23 5	18 30	Givry	19 32
Cap Barbas	1818	22 20	19 50	″	19 29
Cap Blanc	1817	20 47	19 22	″	18 24
M. des Senegal	1817	15 53	18 50	″	17 32
Gambia, Fl.	1826	13 28	18 55	Owen	17 54
Inſel Gorée	1817	14 40	19 47	Givry	17 31
″	1830	″	″	Laplace	17 0
Inſ. Cayo	1818	11 51	18 40	″	17 5
Biſſao	1826	11 51	17 57	Owen	18 0
Inſ. Biſſagos	1826	11 10	18 8	″	17 24
Inſ. de Los	1818	9 30	16 5	Givry	17 9
″	1826	″	″	Owen	18 0
Sierra-Leone	1826	8 30	15 38	″	18 48
Cap Palmas	1831	4 15	10 0	Richardſon	19 0
La Mina	1827	5 5	3 42	De Clerval	19 45
Benin, Fl.	1826	5 46	2 43 O.	Owen	19 0
Fernando-Po	1826	3 45	6 25	″	22 0
Stirling	1835	7 49	4 46	W. Allen	19 51

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Lubbi	1835	9°13′ N.	4° 6′ O.	W. Allen	20°36′ W.
Prinzen-Insel . . .	1816	1 41	5 7	Fitz-Maurice . . .	20 7
: . . .	1827	:	:	De Clerval . . .	18 56
Isl. St.-Thomas .	1816	0 27	4 25	Fitz-Maurice . . .	22 48
: . .	1826	:	:	Owen	23 0
Isl. Annobon . .	1819	1 25 S.	3 0	———— . . .	22 30
Cap Lopez	1826	0 36	6 20	Owen	19 48
Mayumba	1826	3 23	8 15	:	21 24
Loango	1826	4 40	9 22	:	20 36
Congo, Fl. . . .	1826	6 5	9 52	:	21 42
St. Paul-de-Loando .	1825	8 46	10 49	:	22 0
Benguela	1825	12 34	10 54	:	22 0
Cap Negro. . . .	1825	15 47	9 26	:	23 0
Cap Frio	1825	18 23	9 37	:	23 18
Walwich	1825	22 52	12 2	:	23 0
Cap Voltas . . .	1825	28 44	14 6	:	29 0
Berlin.	1825	31 54	15 54	:	29 24
Cap. guter Hoffnung	1825	34 22	16 8	. . . . .	28 12
Groiart	1804	33 56	16 5	Bonsoë	25 4
:	1813	:	:	Fitz-Maurice . . .	28 0
:	1818	:	:	Freycinet	26 30
:	1825	:	:	Owen	28 12
:	1829	:	:	Bellamy	28 0
:	1836	:	:	Fitz-Roy	28 30
Simons-Town . .	1823	34 10	16 8	King	28 30
:	1828	:	:	Blosseville	28 36
Aulden	1824	35 0	17 30	Duperrey	29 24
Cap Seal	1825	34 5	20 57	Owen	32 0
Struis	1824	27 6	22 15	Burchell	27 7

Oestliches Africa, Madagascar und die Inseln des indischen Oceans.

Kattenberg . . .	1825	34° 5′ S.	20°57′ O.	Owen	32° 0′ W.
Great Fish . . .	1825	33 27	24 42	:	30 18
St. Lucia	1825	28 26	30 2	:	27 48
Bai Delagoa . . .	1825	25 58	30 37	:	25 0
Inhamban	1825	23 52	33 0	:	23 12
Sofala	1825	20 11	32 21	:	23 0
Quilimane . . .	1825	18 1	34 36	:	21 0
Mozambique . . .	1825	14 52	38 26	:	16 54
Pemba	1825	12 56	38 8	:	16 30
Cuama-Senga . .	1825	8 32	37 10	:	15 0
Zanzibar	1825	6 10	36 49	:	11 42
Mombas	1825	4 4	37 18	:	11 0
Fermosa	1825	2 33	38 10	:	11 30
Lamu	1825	2 9	38 37	:	11 0
Brava	1825	1 7 N.	41 38	:	10 0
Magadoro	1825	2 2	43 0	:	9 0
Cap Guardafui . .	1825	11 41	48 52	:	4 36
Isl. Durjo . . .	1825	12 6	50 43	:	4 0
Isl. Socotora . .	1825	12 44	51 2	:	3 30
: . . .	1835	12 39	51 46	Welsted	4 30
Aden	1825	11 20	40 40	Owen	8 30

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſch Abweichun
Diego-Suarez . . .	1825	12°15′ S.	47°14′ O.	Owen	11° 0′ W
N' Goncy	1825	15 14	48 5	″	13 0
Inſ. Ste.-Marie . .	1825	17 0	47 29	″	14 0
Tamatave	1825	18 10	47 11	″	13 0
Manooroo	1825	19 55	46 27	″	12 0
Manambatoo . . .	1825	24 17	45 0	″	17 0
Cap Ste.-Marie . .	1825	25 39	42 42	″	21 0
Bai St.-Auguſtin . .	1825	23 35	41 20	″	20 48
Murondova . . .	1825	20 18	41 54	″	18 42
Inſ. Barren . . .	1825	18 41	41 33	″	17 48
Inſ. Coffin . . .	1825	17 29	41 22	″	18 0
Inſ. Juan da Nova .	1824	17 15	40 10	″	18 0
Bembatoo-ka . . .	1825	15 43	43 55	″	15 0
Paſſandava . . .	1825	13 28	45 50	″	12 30
Inſ. Minoa . . .	1825	12 49	46 14	″	12 0
Baſſa da India . .	1825	21 29	37 15	″	21 54
Inſ. Europa . . .	1825	22 22	37 59	″	21 0
Inſ. Comore . . .	1825	12 10	42 0	″	12 30
Inſ. Aſſomption . .	1824	9 46	44 8	″	12 54
Inſ. Glorioſa . . .	1825	11 35	44 59	″	13 0
Inſ. Providence . .	1825	9 14	48 45	″	8 54
Inſ. Mahé	1825	4 37	53 5	″	6 30
″	1830	″	″	Laplace	7 31
Inſ. Galega . . .	1824	10 24	54 7	Owen	11 18
Ile de Sable . . .	1830	15 54	52 11	Laplace	11 0
Inſ. Chagos (Sandy)	1816	5 17	70 20	Mayne	2 14
Gargados-Garajos .	1824	16 22	57 24	Owen	9 54
Ile de France . . .	1801	20 9	55 10	Baudin	13 15
″ . . .	1818	″	″	Freycinet	12 46
″ . . .	1824	″	″	Duperrey	13 46
″ . . .	1836	″	″	Fitz-Roy	11 18
Inſ. Bourbon . . .	1824	20 51	53 10	Duperrey	13 46
″ . . .	1827	″	″	Bloſſeville	14 58
Inſ. Rodrigue . .	1813	19 41	61 0	Owen	13 0
Inſ. St.-Paul . .	1818	38 40	75 10	King	22 30
Inſ. Keeling . . .	1836	12 5	94 35	Fitz-Roy	1 12

Perſien, Hindoſtan, Birma und Meerenge von Malakka.

Basrah (Stadt) . .	1812	30°29′ N.	45°20′ O.	Owen	5°30′
Basrah (Fluß) . .	1827	29 58	46 5	Haines	4 50
Karrack	1824	29 10	47 55	″	4 35
Buſchir	1808	28 10	48 40	—	5 30
″	1810	″	″	—	4 40
Bai Jask	1829	25 48	55 25	Haines	3 20
Mascate	1816	23 30	56 20	Maude	4 22
Bai Gutter . . .	1829	25 10	59 42	Haines	1 20
Bate-Caſtle . . .	1803	22 28	67 0	—	1 24
Bombay	1823	18 56	70 34	Owen	1 0
Melinde	1823	16 3	70 57	″	0 42

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ramas	1823	15° 5′ N.	71°25′ O.	Owen	0°42′ O.
Sacrifice	1823	11 30	72 57	″	0 12 W.
Isl. Maldiva . . .	1802	5 0	71 30	—	1 30
″	1836	″	″	—	1 30
Isl. Andomanais . .	1830	1 26	71 6	Laplace	0 15
Isl. Suadiva . . .	1824	0 51	71 0	Bougainville . . .	1 24
Carnal	1828	29 38	74 26	Brown	1 31 O.
Seimpeor	1813	30 23	75 16	Hodgson	0 18
Serenja	1823	24 6	75 21	Gérard	0 57
Aara	1823	26 41	75 30	″	1 25
Nebim	1816	30 33	—	Hodgson	0 30
Sukut	1813	27 27	77 20	″	0 42
Khatana	1813	29 14	78 0	″	0 34
Largeval	1823	24 45	—	Pemberton . . .	3 57
Cap Comorin . . .	1815	8 5	75 23	B. Hall	2 9
Pointe de Galle . .	1815	6 0	77 30	″	2 10
Trincomaly . . .	1828	8 32	78 51	Blosseville . . .	1 8
Arri	1828	8 48	77 31	″	1 16
Jaffnapatnam . . .	1828	9 40	77 41	″	1 16
Chavagam	1828	9 47	77 36	″	1 16
Karikal	1828	10 55	77 33	″	1 14
Pondichery . . .	1828	11 56	77 32	″	1 13
Madras	1809	13 4	77 57	Kempton	3 0
Pulicate	1830	16 25	79 52	Laplace	2 5
Calinga	1827	22 34	86 0	Blosseville . . .	2 38
″	1828	″	″	Brown	2 41
″	1829	″	″	″	2 24
Mündung des Hugly .	1837	21 0	85 30	Karte der Comp. . .	3 0
Chanternagor . .	1827	22 51	85 58	Blosseville . . .	2 40
Isle Dwen . . .	1830	13 5	88 0	Laws	2 25
Cocos Pboon . . .	1830	19 29	91 9	″	2 6
Barrenge v. Tschebuba	1830	18 30	91 25	″	2 45
Isl. Tschebuba . .	1830	19 0	90 40	″	2 30
Cap v. Aracan . .	1835	20 0	90 0	″	2 30
Isl. Nicobar . . .	1824	6 46	91 31	Bougainville . . .	4 30
Isl. Diamond . .	1826	15 51	91 58	Crowford	3 0
Cap von Martaban .	1826	16 27	94 3	″	2 0
Centink	1830	15 33	95 31	Laws	2 25
Isl. Tores . . .	1835	12 0	94 40	″	3 0
Liem	1814	5 35	94 3	B. Hall	2 25
Cap Dinding . . .	1824	4 20	98 20	Bougainville . . .	2 26
Berg Parcelar . .	1824	2 50	99 0	″	1 30
Singapore	1824	1 16	101 31	″	1 50
″	1830	″	″	Laplace	2 0

China, Cochinchina und Japan.

Chimpal	1830	48°13′ N.	104° 7′ O.	G. Fuß	1° 6′ W.
Obelogur	1830	46 0	107 14	″	0 49
Turkanderatu . . .	1830	45 32	109 5	″	1 7
Hezo	1830	45 32	109 5	″	1 7

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Batchay	1830	44°21′ N.	110°35′ O.	G. Fuß	0°59′ W.
Scharabudurguna	1830	43 13	111 46	″	0 46
Chalgan	1830	40 49	112 38	″	1 13
Peking	1831	39 54	114 6	″	1 48
Sendschi	1831	44 45	108 6	″	0 30
Olou-Obo	1831	46 21	105 42	″	0 2
Urga	1831	47 55	104 22	″	1 16 O.
Poulo-Condore	1805	8 40	104 20	Horsburgh	1 45
Inſ. Hainan	1825	18 20	107 30	Bougainville	1 30 W.
Tourane	1825	16 6	105 57	″	1 29 O.
″	1831	″	″	Laplace	1 30
Macao	1824	22 12	111 14	Bougainville	1 37
″	1827	″	″	Beechey	1 58
″	1830	″	″	Laplace	1 30
Canton	1816	23 7	110 54	Roß	0 20
Inſ. Formoſa	1808	21 55	118 44	Horsburgh	1 0
Hue-Fou, Fl.	1830	16 35	105 25	Laplace	2 30
Bai Cheatow	1816	37 36	119 14	B. Hall	2 16
Inſ. Alceſte	1816	34 0	122 25	″	2 3 W.
Inſ. Amherſt	1816	34 22	123 45	″	2 30
Meer v. Illon	1816	38 0	117 40	″	2 16
Pei-Ho	1816	38 57	115 30	″	2 16
Loo-Choo	1816	26 8	125 22	Mayne	0 53
″	1827	″	″	Beechey	0 41 O.
Nangaſaki	1805	32 43	127 32	Kruſenſtern	1 46 W.
Gotto	1805	32 34	126 24	″	0 55
Meerenge v. Sangar	1805	41 1	142 16	″	1 22
Bai Stroganoff	1805	43 30	142 40	″	1 14
Cap Malaſpina	1805	44 11	144 24	″	0 0
Bai Aniva	1805	46 34	145 10	″	1 43 O.
Cap Dalrymple	1805	48 14	145 50	″	0 57
Bai Patience	1805	49 0	145 30	″	0 30 W.
Cap Patience	1805	49 0	148 24	″	0 43 O.
Inſ. Raſhau	1805	47 56	154 58	″	3 54
Cap Rotmanoff	1805	50 22	147 27	″	1 4
Cap des Dunes	1805	52 17	145 43	″	1 3
Cap Maria	1805	54 4	144 34	″	0 35 W.
Port Endormo	1813	42 21	130 0	Ricord	0 16

Großer Archipel von Aſien und Neu-Guinea.

Achen	1814	5°36′ N.	93°14′ O.	B. Hall	2 25 O.
Inſ. Keeling	1836	12 5 S.	94 35	Fitz-Roy	1 12 W
Bai Toppanooly	1822	1 40 N.	96 35	—	1 18 O.
Inſ. Anambas	1825	3 10	103 59	Bougainville	1 7
Inſ. Victory	1825	1 19	104 12	″	1 12
Inſ. Gaſpar	1825	2 6 S.	104 48	″	1 26
Batavia	1814	6 9	104 27	B. Hall	0 17
″	1828	″	″	Bloſſeville	0 31
Nantunas	1831	4 39 N.	105 31	Laplace	1 30
Inſel Turtle	1825	14 20	107 0	Bougainville	1 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Surabaya	1824	7°12′ S.	110°23′ O.	Duperrey	0°11′ W.
Inſ. Kangelang . .	1825	6 48	112 40	Bougainville . . .	0 0
Meerenge v. Alaß .	1825	8 32	114 29	"	0 47
Inſ. Perjow . . .	1825	8 44	114 16	"	1 30
Str. v. Balabac . .	1822	7 10 N.	113 30	—	1 24 O.
Kamilla	1829	18 30	118 33	Lütke	0 19
"	1830	"	"	Laplace	1 0
Inſ. Salayer . . .	1824	5 39 S.	118 7	Duperrey	1 3 W.
Inſ. Savu . . .	1823	10 27	119 33	"	2 3 O.
Inſ. Bangi-Wangi .	1824	5 18	121 8	"	0 26
Inſ. Mathew . . .	1813	5 18	121 56	—	0 30
Inſ. Batthoen . .	1823	6 8	122 22	—	1 12
Gowang	1802	10 10	121 15	Baudin	0 22
"	1818	"	"	Freycinet	0 14 W.
Tilleh	1818	8 33	123 9	"	0 36
Bai Manado . . .	1828	1 29 N.	122 31	D'Urville	1 6 O.
Inſ. Gambi . . .	1823	8 13 S.	123 13	Duperrey	0 52
Gilli	1823	3 22	124 46	"	0 32
Amherſt	1823	3 42	125 50	"	0 28
Inſ. Timog . . .	1824	1 23	126 34	"	0 0
Inſ. Syang . . .	1823	0 18 N.	127 30	"	0 21
Dilk	1823	0 2 S.	128 23	"	1 2
Ternat	1818	0 1	128 36	Freycinet	1 30
Tanet-Laut . . .	1822	8 30	128 40	—	2 40
Banda	1822	4 30	127 40	—	0 35 W.
Bai d. guten Hoffnung	1824	0 19	130 5	Duperrey	0 0
Arrou	1824	0 52	131 45	"	1 36 O.
"	1827	"	"	D'Urville	2 6
Inſ. Duperrey . .	1827	1 55	136 37	"	3 30
Bai Humboldt . .	1827	2 39	138 23	"	3 30
Inſ. Schouten . .	1823	3 37	142 26	Duperrey	5 12
Cap Rigny . . .	1827	5 30	143 38	D'Urville	5 45
Inſ. Lettin . . .	1827	5 19	145 18	"	5 10

Neu-Holland und Van-Diemensland.

Bai Carning . . .	1820	15° 6′ S.	122°40′ O.	King	0°43′ W.
Inſ. Lacepède . . .	1820	16 50	119 47	"	0 12
Inſ. Legendre . . .	1819	20 19	114 25	"	2 37
Inſ. Barrow . . .	1819	20 50	112 50	"	1 45
Cobundbai . . .	1818	25 43	110 59	Freycinet	3 38
Sawanen-Fl. . . .	1827	32 4	113 42	Stirling	4 17
Inſ. Rottneſt . . .	1829	31 58	113 4	"	5 20
Geographenbai . .	1819	33 25	112 40	King	6 27
Prinz-Georgs-Bai .	1803	35 3	115 38	Baudin	6 49
" " . .	1826	"	"	D'Urville	5 35
" " . .	1836	"	"	Fitz-Roy	5 36
Bai Lucky	1802	34 0	119 54	Flinders	3 6
Bai Fowler . . .	1802	32 1	130 7	"	0 25
Inſ. Francis . . .	1818	32 35	130 55	King	0 0
Inſ. Flinders . . .	1802	33 41	132 7	Flinders	0 44 O.
Cap-Lincoln . . .	1818	34 48	133 24	King	3 57

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Känguruh-Inſel	1818	35°33′ S.	135°20′ O.	King	3°20′
Bai v. Rivoli	1818	37 30	137 44	=	4 8
Cap Bridgewäter	1819	38 21	139 0	=	4 38
Inſ. King	1820	39 36	141 34	=	5 48
Port-Weſtern	1826	38 28	142 56	D'Urville	7 54
Port-Macquarie	1809	42 12	143 0	Evans	9 0
= =	1819	=	=	King	8 30
Port-Dalrymple	1804	41 3	144 32	Flinders	8 30
Hobart-Town	1802	42 53	145 7	Baudin	9 18
=	1819	=	=	King	9 10
=	1828	=	=	D'Urville	12 35
=	1836	=	=	Fitz-Roy	11 6
Bai Jervis	1826	35 8	135 8	D'Urville	9 38
Sydney	1803	33 52	148 50	Flinders	8 51
=	1817	=	=	King	8 42
=	1819	=	=	Freycinet	9 15
=	1820	=	=	Bellingshauſen	8 3
=	1820	=	=	Lazareff	8 28
=	1824	=	=	Duperrey	8 56
=	1825	=	=	Bougainville	8 3
=	1826	=	=	D'Urville	9 17
=	1836	=	=	Fitz-Roy	10 24
Paramata	1823	33 49	148 35	Rümker	8 42
Bathurſt	1817	33 27	147 8	Orley	8 40
=	1820	=	=	=	8 39
Port-Stephens	1819	32 47	149 52	King	10 0
Orte im Innern der Colonie	1817	33 40	146 0	Orley	7 47
	1817	33 16	144 56	=	7 0
	1817	34 8	143 43	=	7 18
	1817	33 22	143 4	=	7 30
	1817	33 53	142 14	=	7 25
	1817	32 44	145 26	=	7 18
	1818	31 18	145 11	=	7 48
	1818	31 14	146 0	=	8 14
	1818	30 57	147 0	=	8 42
	1818	31 0	149 6	=	8 51
	1818	31 38	150 28	=	9 33
Macquarie	1818	31 24	150 31	=	10 5
Port-Bowen	1819	22 29	148 25	King	9 5
Inſ. Cumberland	1819	20 46	147 14	=	6 17
Bai Repulſe	1819	20 37	146 30	=	6 15
Inſ. Fitz-Roy	1819	16 55	143 36	=	5 14
Endeavour, Fl.	1819	15 27	142 50	=	5 14
Endeavour, Kan.	1819	10 46	139 48	=	5 38
Inſ. Marsden	1836	9 44	140 52	Ch. Eaton	4 0
Fl. Sir Ch. Hardy	1831	11 56	141 27	Richardſon	5 30
Inſ. Flinders	1819	14 8	141 50	King	5 20
Inſ. Wellesley	1803	17 8	137 23	Flinders	4 7
Inſ. Goulburn	1818	11 38	136 0	King	2 0
Port-Cockburn	1819	11 24	128 8	=	1 0
Port-Warrender	1819	14 35	123 40	=	1 17
C. Londonderry	1819	14 45	124 55	=	0 0

Neu-Seeland.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ins Oteu	1827	34°24′ S.	170°41′ O.	D'Urville	12°40′ O.
Ins Dudou-Oudou .	1827	35 0	171 7	=	12 0
Inselbai	1824	35 15	171 51	Duperrey	13 22
=	1827	=	=	D'Urville	13 8
=	1835	=	=	Fitz-Roy	14 0
=	1838	=	=	Cécille	13 30
Tsculiango . . .	1825	35 31	171 12	A. Herd	13 23
Tscurafi	1827	37 2	173 1	D'Urville	14 30
Fl. Thames . . .	1825	37 6	173 5	A. Herd	12 38
Ins Warrka-Heka .	1827	37 38	176 10	D'Urville	13 14
Tera-Kake	1827	39 7	175 47	=	15 20
Ins Borell . . .	1820	39 24	171 37	Bellingshausen . .	13 1
Ins Terelo-Solo .	1827	40 31	174 22	D'Urville	14 10
Inl. Hummock . .	1837	40 52	172 37	Johnson	11 33
Tasman's-Bai . .	1827	40 58	170 45	D'Urville	14 25
Ins Fealwind . .	1827	41 46	169 9	=	14 30
Inl. Cerny . . .	1837	41 21	171 50	Mead	17 0
Fort Yarra . . .	1838	43 49	170 48	Cécille	16 10
Telsahr	1838	43 31	170 50	=	16 0
Port-Cloe . . .	1825	45 46	168 17	J. Herd	17 5
Inl. Stewart . . .	1825	47 11	165 7	=	17 4
Inl. Chatam . . .	1838	43 48	179 14	Cécille	13 0

Nördliches Polynesien.

Inl. Barry . . .	1827	27°43′ N.	139°48′ O.	Beechey	2°37′ O.
Port Lloyd . . .	1827	27 5	139 54	=	1 9

a) Marianen-Inseln.

Inl. Assumpcion . .	1827	19°41′ N.	143° 8′ O.	Beechey	5°42′ O
Inl. Mangs . . .	1827	19 57	143 0	=	5 42
Inl. Guguan . . .	1819	17 35	143 34	Freycinet	3 50
Farallon de Medinilla	1819	15 59	143 42	=	3 58
Inl. Saypan . . .	1819	15 20	143 30	=	4 11
Inl. Rota	1819	14 11	142 56	=	4 15
Inl. Guaham . . .	1819	13 28	142 27	=	4 39

b) Carolinen-Inseln.

Inl. Pelew . . .	1828	7°10′ N.	131 53 O.	D'Urville	2° 4′ O.
Inl. Gouap . . .	1828	9 33	135 49	=	1 10
Inl. Ululthy . . .	1828	10 0	137 25	Lütke	2 0
Inl. Feys	1828	9 46	138 15	=	1 30
Inl. Ceurpyyg . .	1828	6 40	140 52	=	3 42
Inl. Dulea . . .	1828	7 22	141 37	=	3 7

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſch Abweichun
Inſ. Ifelouk . . .	1828	7°15′ N.	142°11′ O.	Lütke	2°34′
Inſ. Farrailey . .	1828	8 35	142 17	″	2 48
Inſ. Olimarao . .	1828	7 43	143 40	″	2 0
Inſ. Namourek . .	1828	7 30	144 10	″	3 0
Inſ. Fayeou, weſtl. .	1828	8 3	144 30	″	3 55
Inſ. Tamatam . .	1824	7 32	147 10	Duperrey	2 3
Inſ. Hogoleu . . .	1824	7 14	149 19	″	4 48
Inſ. Fayeou, öſtl. .	1828	8 33	149 6	Lütke	5 34
Inſ. Lougounor . .	1828	5 30	151 30	″	6 30
Inſ. Los Valientes .	1828	5 46	154 45	″	7 0
Inſ. Ngaryk . . .	1828	5 47	155 9	″	7 30
Inſ. Seniavine . .	1828	7 0	155 55	″	7 7
Inſ. Duperrey . .	1824	6 40	157 29	Duperrey	6 18
Inſ. Mac-Askill . .	1824	6 14	158 27	″	6 18
Inſ. Brown . . .	1828	11 30	159 40	Lütke	8 6
Inſ. Oualan . . .	1824	5 21	160 41	Duperrey	9 20
″	1828	″	″	Lütke	8 51
Inſ. Eſchſcholtz . .	1825	11 30	163 10	Kotzebue	10 52
Inſ. Piscadores . .	1825	11 15	164 40	″	11 0
Inſ. Legiep . . .	1817	9 51	166 54	″	
Inſ. Button . . .	1817	11 20	167 31	″	11 18
Inſ. Ailu	1817	10 15	167 40	″	11 15
″	1824	″	″	″	10 54
Inſ. Otdia . . .	1817	9 28	167 57	″	11 38
Inſ. Kawen . . .	1817	8 54	168 33	″	11 30
Inſ. Bonham . . .	1824	6 16	167 10	Duperrey	9 25
Mulgrave's Inſ. . .	1824	6 7	169 36	″	9 23
Inſ. Charlotte . .	1824	1 54	170 27	″	10 15
Inſ. Hall	1824	0 49	171 41	″	8 40
Inſ. Henderville . .	1824	0 10	171 16	″	8 0
Inſ. Sydenham . .	1824	0 36 S.	171 58	″	7 45
Inſ. Drummond . .	1824	1 33	172 48	″	7 45

c) Sandwich-Inſeln.

Bai Kayakakoua . .	1819	19°37′ N.	158°25′ W.	Freycinet	9°50′
Bai Karakakoa . .	1824	19 26	158 20	Lord Byron . . .	10 14
Bai Byron . . .	1824	19 44	157 26	″	8 51
Inſ. Mowi . . .	1819	20 52	159 2	Freycinet	8 49
Inſ. Wahou . . .	1816	21 19	160 12	Kotzebue	10 57
″	1819	″	″	Freycinet	10 24
″	1824	″	″	Lord Byron . . .	9 52
″	1827	″	″	Beechey	10 26

Südliches Polyneſien.

Admiralitäts-Inſeln .	1819	1°40′ S.	144°20′ O.	Freycinet	5°32′
Inſ. Gracieuſe . .	1827	6 9	146 40	D'Urville	6 45
Sandwich-Inſ. . .	1823	3 3	148 28	Duperrey	5 0
Inſ. Amacata . . .	1823	4 7	150 4	″	5 30
Port-Praslin . . .	1823	4 50	150 28	″	6 48

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Cap Carteret . .	1827	4°42′ S.	150°20′ O.	D'Urville	6°40′ O.
Laughlan . .	1827	9 18	151 7	=	6 0
Bouka . . .	1823	5 0	152 14	Duperrey	7 20
Neu-Caledonien . .	1803	22 0	163 35	Kent	11 0
Beaupré . . .	1827	20 20	163 44	D'Urville	10 30
Vanikoro . .	1828	11 40	164 32	=	10 21
Chabrol . . .	1827	20 40	164 40	=	9 45
Likopia . . .	1828	12 19	166 28	=	10 30
Fataka . . .	1828	11 55	167 48	=	9 15
Matthew . . .	1828	22 22	168 53	=	13 6
St.-Auguſtin .	1824	5 41	173 50	Duperrey	9 13
Retouma . .	1824	12 32	174 51	=	10 47
Viti-Levou . .	1827	18 7	174 51	D'Urville	10 30
Neterlandaiſe .	1825	7 13	175 13	Koerſen	7 0
Nonaſa . . .	1827	18 30	177 28	D'Urville	11 15
Curtis . . .	1827	30 33	179 3	=	12 0
Pelſaart . .	1819	22 25	178 24 W.	Freycinet	10 35
Tongatabou . .	1827	21 8	177 33	D'Urville	10 37
Hera	1823	21 26	177 14	Duperrey	10 12
Aoas . . .	1820	18 41	176 21	Bellingshauſen . .	12 40
Tumaga . . .	1823	19 5	172 10	Duperrey	10 19
Feia	1824	14 0	174 20	Kotzebue	6 58
Fatara . . .	1824	14 20	172 10	=	6 5
Aris	1824	14 33	170 17	=	6 0
Du Danger . .	1820	10 54	168 8	Bellingshauſen . .	9 24
Lowhin . . .	1816	9 1	159 54	Kotzebue	8 28

Geſellſchafts- und Pomotu Inſeln.

Bellingshauſen .	1824	15°48′ S.	156°50′ W.	Kotzebue	6° 0′ O.
Maupiti . . .	1823	16 26	154 32	Duperrey	7 10
Borabora . .	1823	16 30	154 6	=	6 21
Taiti	1794	17 29	151 49	Vancouver	6 12
. . . .	1823	=	=	Duperrey	6 40
. . . .	1824	=	=	Kotzebue	6 50
. . . .	1826	=	=	Beechey	7 33
. . . .	1831	=	=	Irland	7 30
. . . .	1835	=	=	Fitz-Roy	7 34
. . . .	1837	=	=	Bruce	7 10
Kruſenſtern . .	1816	15 0	150 34	Kotzebue	5 37
Wlegen . . .	1830	14 40	150 0	Erman	6 10
Rurik . . .	1816	15 30	148 58	Kotzebue	6 16
Bellſier . . .	1820	15 50	148 50	Bellingshauſen . .	6 48
Kotzebue . . .	1824	15 27	147 51	Kotzebue	5 37
Niedrige Inſeln . .	1820	27 38	146 35	Bellingshauſen . .	5 21
. . . .	1838	27 55	145 35	Cécille	8 0
Romanzoff . .	1816	14 57	146 48	Kotzebue	5 36
Keller . . .	1823	17 43	143 2	Duperrey	6 32
Pretpriatie . .	1824	15 58	142 26	Kotzebue	5 0
des Lanciers . .	1825	18 30	141 28	Beechey	7 3
Henden . . .	1816	14 50	141 8	Kotzebue	5 8

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſ Abweichu
Inſ. Narciſſe . . .	1823	17°21′ S.	140°30′ W.	Duperrey	5°22′
Inſ. Clermont-Tonnerre	1823	18 28	138 46	″	4 51
Inſ. Gambier . . .	1826	23 8	137 15	Beechey	7 8
Inſ. Noukahiva . .	1804	8 54	142 0	Kruſenſtern . . .	4 36
Inſ. Motanch . . .	1804	10 0	140 50	″	5 52
Inſ. Pitcairn . . .	1825	25 4	132 30	Beechey	6 0
Inſ. Ducis . . .	1825	24 40	127 6	″	7 54
Oſterinſel	1804	27 9	111 45	Kruſenſtern . . .	6 12
Salaz y Gomez . .	1825	26 28	107 40	Beechey	8 14
Gallapagos-Inſeln.					
Inſ. Abingdon . .	1821	0°32′ N.	92°51′ W.	B. Hall	8°20′
Inſ. Albemarle . .	1835	0 16 S.	93 47	Fitz-Roy	9 30
Inſ. Chatam . . .	1835	0 50	91 57	″	9 30
—					
Juan-Fernandez . .	1830	33 38	81 13	″	17 13
Ruſſiſches America und aleutiſche Inſeln.					
Spitze Beechey . . .	1826	70°26′ N.	151°12′ W.	Franklin	41°20′
—	1837	70 43	154 34	Simpſon	43 0
—	1837	71 3	156 46	″	42 0
Spitze Barrow . .	1827	71 23	158 42	Beechey	41 0
Auf dem Eiſe . . .	1827	″	″	″	42 15
Eiscap	1827	70 20	164 0	″	32 49
Station vom See . .	1827	69 34	165 27	″	34 42
Cap Kruſenſtern . .	1826	67 11	165 57	″	30 12
Holham's Einfahrt .	1826	67 0	165 10	″	29 53
Cap Bloſſom . . .	1826	66 45	164 44	″	30 42
B. de Bonne-Eſpér. .	1826	66 3	166 50	″	29 28
Bai Eſchſcholtz N. W.	1826	66 25	164 5	″	29 49
Spitze Garnet . . .	1826	66 16	164 10	″	28 41
Bai Eſchſcholtz S. .	1826	66 17	163 40	″	31 2
Bai Spafarieff . .	1826	66 0	164 0	″	32 41
Cap Elſpenberg . .	1826	66 34	165 56	″	30 12
Cap Deceit	1826	66 6	165 0	″	30 18
Inſ. Chamiſſo . . .	1826	66 13	164 6	″	30 48
Port Clarence . . .	1827	65 16	169 8	″	26 55
Bai Norton . . .	1827	63 28	164 12	Lütke	30 30
Inſ. St.-Mathieu .	1827	60 38	175 1	″	19 1
Inſ. Amak	1827	55 25	166 22	″	21 15
Port Wrangel . . .	1827	56 59	160 17	″	24 0
Cap Noir	1827	58 43	164 25	″	25 10
Cap Suworoff . .	1827	58 42	159 20	″	26 15
Sitka	1804	57 3	137 50	Liſianſky	26 45
″	1824	″	″	Kotzebue	27 30
″	1829	″	″	Erman	28 19

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Unalaschka . . .	1817	53°52' N.	168°43' W.	Kotzebue	19°24' O.
: . . .	1827	:	:	Lütke	19 54
Ins. Attka . . .	1830	52 17	176 32	Etoline	16 21
Unalaschka . . .	1830	51 27	183 0	:	14 5

Englisches America.

Ins. Carys . . .	1818	76°28' N.	75°40' W.	J. Roß.	102° 0' W.
Cap Clarence . . .	1818	76 32	79 24	:	107 56
Straße v. Lancaster .	1818	74 3	83 48	:	114 0
Elisabeth-Position .	1829	74 1	79 20	:	114 0
Scheffr-Bai . . .	1831	70 1	94 0	:	96 12
Victory-Bai . . .	1831	70 9	93 50	:	101 32
—	1831	69 35	97 0	:	57 15
Auf dem Eise . . .	1819	63 58	64 10	Parry	61 14
: . . .	1819	70 29	61 32	:	74 39
: . . .	1819	73 5	62 31	:	82 3
Bai Prosession . .	1819	73 31	79 42	:	108 47
Barrow-Straße . .	1819	74 25	82 28	:	106 58
Cap Kin	1819	74 40	94 7	:	128 58
Ins. Beechey-Martim .	1819	75 9	106 4	:	165 50 O.
J. Melville . . .	1819	74 58	109 23	:	151 30
Hecla-Cove . . .	1820	74 47	112 54	:	126 17
Winter-Hafen . . .	1820	74 47	113 9	:	127 48
Cap Providence . .	1820	74 25	115 1	:	111 19
: . .	1820	74 26	116 8	:	106 7
—	1820	71 16	73 38	:	91 28 W.
N. Clyde	1820	70 22	70 57	:	80 59
Cap Hatton . . .	1821	61 13	67 20	:	52 50
Upper-Savage, J. .	1821	62 31	72 17	:	52 37
Auf dem Eise . . .	1821	63 45	76 24	:	54 52
: . . .	1821	65 8	81 55	:	52 12
: . . .	1821	65 31	85 40	:	53 49
Ins. Southampton .	1821	65 28	87 0	:	50 18
Herzog-York-Bai . .	1821	65 27	87 35	:	47 34
Bai Repulse . . .	1821	66 31	88 50	:	48 33
Packet Cove . . .	1821	66 12	87 4	:	52 20
Foxe-Cove . . .	1821	66 32	86 9	:	54 56
Cap Gore	1821	66 24	87 0	:	56 20
Auf dem Lande . .	1822	67 11	83 44	:	70 28
Ins. Winter . . .	1822	66 11	85 14	:	57 24
Igloolik	1823	69 21	83 57	:	83 1
Cap Warrender . .	1824	74 28	84 11	:	104 48
Auf dem Eise . . .	1824	72 55	94 39	:	129 25
Prinz-Regent-Str. .	1825	72 17	91 16	:	100 4
Auf dem Eise . . .	1825	72 45	91 46	:	122 27
Cap Sommerset . .	1825	73 6	93 40	:	128 28
Die Furie	1825	72 46	94 10	:	129 25
Leon-Bowen . . .	1825	73 14	91 15	:	123 22
York, Factorei . .	1807	57 0	94 46	Fiddler	4 55 O.
:	1819	:	:	Franklin	6 21

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Hill, Fl.	1819	55°27′ N.	96°17′ W.	Franklin	8°30′ O.
Magnet. Inſ. . . .	1819	54 59	97 20	″	11 50
Hill's Gates . . .	1819	54 29	98 37	″	13 20
Norway	1819	53 42	100 21	″	14 26
Saskatſchawan . .	1819	53 27	103 4	″	15 20
Cumberland . . .	1819	53 57	104 37	″	17 18
″ . . .	1825	″	″	″	19 14
Carlton	1820	52 51	108 33	″	20 45
Grüner See . . .	1820	54 16	109 50	″	22 7
Fort La Croſſe . .	1820	55 27	110 13	″	22 16
″	1825	″	″	″	23 19
Methye-See . . .	1820	56 24	111 43	″	22 50
Elk, Fl.	1820	56 40	113 28	″	24 18
F. Chepewyan . .	1820	58 43	113 38	″	22 49
″ . . .	1825	″	″	″	25 30
Engliſh, Fl. . . .	1820	55 40	108 16	″	20 17
Methyr.	1820	56 43	112 12	″	25 2
″	1825	″	″	″	27 54
F. Reſolution . . .	1820	61 10	116 5	″	25 41
″ . . .	1826	″	″	″	29 15
F. Providence . . .	1820	62 17	116 29	″	33 36
Fiſhing Lake . . .	1820	63 14	116 47	″	33 4
F. Enterpriſe . . .	1820	64 28	115 26	″	36 27
F. Franklin . . .	1821	65 12	115 32	″	39 10
″ . . .	1826	″	″	″	39 14
Kupfer-Mine . . .	1821	65 43	116 47	″	42 17
″	1821	67 23	118 27	″	49 46
″	1821	67 48	117 59	″	46 25
″	1826	″	″	″	48 0
Port Epworth . . .	1821	67 42	114 50	″	47 38
Detention, Hafen . .	1821	67 54	113 1	″	40 49
Bathurſt	1821	67 40	111 0	″	41 10
Cap Turnagain . .	1821	68 19	112 25	″	44 16
Huronenſee . . .	1825	44 49	82 21	″	0 56
Miſſaſſaga	1825	46 10	84 59	″	0 16
Ste.-Marie . . .	1825	46 31	86 44	″	2 33
F. William . . .	1816	48 24	91 36	Beechey	5 30
″	1825	″	″	Franklin	7 17
F. Bainy	1823	48 36	94 48	Long's Exped. . .	8 15
″	1825	″	″	Franklin	10 50
F. Alexandre . . .	1825	50 37	98 41	″	15 16
Dog's Head . . .	1825	51 37	99 6	″	14 46
Long. Point . . .	1825	53 1	100 54	″	19 52
Mackenzie, Fl. . .	1826	61 0	119 8	″	33 13
F. Norman . . .	1826	64 41	127 5	″	39 58
F. Simpſon . . .	1826	62 4	125 51	″	37 42
F. Good-Hope . .	1826	67 28	133 12	″	47 29
Inſ. Garry . . .	1826	69 29	138 0	″	51 42
B. Vicar	1826	65 1	122 33	″	42 28
Spitze Leith . . .	1826	65 47	121 34	″	44 54
—	1826	65 26	133 3	″	40 48
—	1826	66 15	130 51	″	39 54

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Spitze Leith . . .	1826	67°27′ N.	135°51′ W.	Franklin	45°37′ O.
—	1826	69 1	139 45	″	46 41
—	1826	69 19	140 30	″	46 16
Small, Fl. . . .	1826	69 36	142 32	″	45 6
Bai Clarence . . .	1826	69 38	143 11	″	45 43
Inf. Barrn . . .	1826	70 5	146 15	″	45 36
Inf. Flarman . . .	1826	70 11	148 10	″	42 56
Inf. Feggy . . .	1826	70 16	149 58	″	43 15
Spitze Berchey . . .	1826	70 26	151 12	″	41 20
—	1837	70 43	154 34	Simpson	43 0
—	1837	71 3	156 46	″	42 0
Bai Utchinson . . .	1826	69 43	134 18	Franklin	50 50
Cap Barry . . .	1826	69 58	126 20	″	55 47
Inf. Barrow . . .	1826	69 49	125 53	″	56 33
Inf. Clarperton . .	1826	69 42	125 37	″	54 0
Cap Lyon	1826	69 17	121 48	″	51 28
Fürst-Minen-Fl. .	1826	67 47	117 57	″	48 0
Cap Dallaston . .	1807	58 0	105 0	Fiddler	18 2
Grenfell, F. . . .	1807	58 50	95 30	″	5 39
Prinz of Wales, F. .	1813	58 47	96 34	—	6 0
Fox-Bucht, Fl. .	1833	62 50	112 8	Back	36 52
Cap Lindsey . .	1833	63 24	110 29	″	36 0
Fort Reliance . . .	1833	62 46	111 22	″	35 19
Fort-of-Good-Hoh . .	1834	67 8	97 0	″	8 30 W.
Spitze Beaufort . .	1834	67 41	97 23	″	6 0
Inf. Montreal . .	1834	67 47	97 39	″	2 0
Cape Lyle . . .	1834	68 14	97 18	″	0 3 O.
Fort Albany . . .	1810	52 22	84 58	Abweichungs-Karte .	8 0 W.
Fort Manners . . .	1808	57 0	64 15	Manby	40 0

St.-Lorenz-Meerbusen.

Quebec	1810	46°49′ N.	73°36′ W.	Abweichungs-K. . .	11° 0′ W.
. . . . .	1814	″	″	Kent	11 50
. . . . .	1831	″	″	Bayfield	13 38
Inf. Coudres . . .	1831	47 25	72 31	″	15 30
Inf. Grow . . .	1831	47 35	72 16	″	16 15
Lizzerray, Fl. . .	1831	48 9	72 6	″	17 35
Three-Pots . . .	1831	47 52	72 4	″	17 15
Fort Neuf	1831	48 37	71 29	″	17 15
Inf. Bic	1831	48 25	71 11	″	17 16
Forten St.-Nicolas .	1831	49 18	70 10	″	19 44
Inf. Carousel . . .	1831	50 5	68 47	″	23 55
Fort Ringan . .	1831	50 17	66 45	″	25 30
Fresser	1831	48 15	66 32	″	21 16
Cap Chat	1831	49 6	68 0	″	21 0
Inf. Anticosti W. .	1831	49 52	66 55	″	24 22
Inf. Anticosti O. .	1831	49 8	64 20	″	24 32
Fort Water . . .	1831	50 13	65 50	″	27 28
Rivière, Fl. . .	1832	50 14	64 36	″	28 8
Bai Regaschka . .	1832	50 11	63 39	″	28 34

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Inſ. Byron . . .	1835	47°48′ N.	63°40′ W.	Bayfield	23°39′ W
Hafen Amherſt . .	1833	47 14	64 0	″	22 36
Inſ. St.-Paul . .	1836	47 10	62 25	″	24 0
Inſ. Breton, Cap. N.	1831	47 2	62 47	″	23 0
Cap Ray	1836	47 53	61 46	″	25 0
Cap Whittle . . .	1832	50 11	62 29	″	29 9
Inſ. Dyke	1833	50 44	61 20	″	32 45
Inſ. Lyon	1834	51 24	60 0	″	33 0
Bai Forteau . . .	1834	51 28	59 19	″	33 20
Red-Bay	1833	51 44	58 48	″	34 30
Inſ. Henley . . .	1833	52 0	59 13	″	36 0
Cap St.-Louis . .	1833	52 21	57 40	″	37 30
Straße v. Belle-Ile .	1833	51 24	58 56	″	33 38
Bai Blanche . . .	1816	50 15	58 30	Cartes du Dépôt . .	29 0
I. St.-Pierre u. Miq.	1818	46 47	58 27	Du Petit-Thouars .	25 45
C. Chapeau Rouge .	1831	46 51	57 49	Bayfield	28 34
Bank v. Neu-Fundland	1816	44 20	52 30	Cartes du Dépôt . .	26 0

Vereinigte Staaten von Nord-America.

Brandon	1808	48°40′ N.	101°40′ W.	Fiddler	19°12′ O
Wald-See	1823	49 0	96 20	Long's Exped. . . .	11 1
See Rainy . . .	1823	48 35	94 50	″	8 15
″	1825	″	″	Franklin	10 50
Meadow, Fl. . . .	1825	48 57	92 21	″	5 58
F. William . . .	1816	48 24	91 36	Beechey	5 30
″	1825	″	″	Franklin	7 17
Oberer-See . . .	1823	47 58	92 20	Long's Exped. . . .	6 21
F. Colum	1823	45 39	98 54	″ . . .	12 29
St.-Peters	1823	44 41	99 20	″ . . .	12 21
St.-Peters, Fl. . .	1823	44 53	95 28	″ . . .	10 29
Port Crawford . .	1823	43 3	93 13	″ . . .	8 49
Enginer	1819	41 25	98 4	″ . . .	12 59
Inſ. Cow	1819	39 25	96 20	″ . . .	11 32
Franklin	1819	38 57	95 17	″ . . .	11 42
Chicago	1823	42 0	90 0	″ . . .	6 12
Fort Niagara . . .	1817	43 30	81 15	Fitz-Owen	1 27
Fort Erie	1817	42 54	81 19	″	1 42
Penobscot	1825	45 30	71 5	Herrick	14 45
Cap Sable . . .	1828	43 20	67 50	Cartes du Dépôt . .	12 0
Albany	1817	42 39	76 5	Winthrope	5 44
″	1818	″	″	″	5 45
″	1825	″	″	Witt	6 0
Boſton	1810	42 21	73 24	K. der Abweich. . .	5 22
Falmouth	1800	41 33	72 55	Winthrope	6 7
Cap Cod	1811	42 5	72 24	Blunt	9 55
Montreal	1814	45 31	75 55	—	7 45
New-York	1825	40 42	76 21	Franklin	1 31
Philadelphia . . .	1802	39 57	77 30	Howel	1 30
″	1804	″	″	″	2 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Philadelphia . . .	1813	39°57′ N.	77°30′ W.	Withney	2°27′ W.
Montpellier . . .	1829	44 17	74 56	Blunt	12 25
Bel-Chester . . .	1832	39 57	78 1	Bache	3 25
Uebenfeld	1825	42 53	74 40	Wisden	6 35
Lexington . . .	1822	44 28	75 3	Johnson	7 42
Hart-Ford	1824	41 46	75 0	Goodwin	5 45
Neu-Haven . . .	1828	41 18	75 18	"	5 17
Florence	1818	34 50	90 7	Weakly	6 35 O.
Nashville	1829	36 10	89 9	Hamilton	6 50
Savannah	1817	32 4	83 0	Cartes du Dépôt . .	4 0
Fort Big	1807	32 15	93 30	Fiddler	8 0
Fort Mobile . . .	1814	30 13	90 41	Kent	6 30
Bay des Mississippi .	1817	28 27	92 20	Blunt	8 55
Canal v. Bahama .	1817	27 17	81 50	"	5 26
Florida-Riffe . . .	1818	24 15	85 0	Livingston	6 33
Bermuda-Inseln . .	1808	32 22	67 13	Downie	2 45 W.

Mexico, Guatemala und Antillen.

San Francisco . .	1824	37°48′ N.	124°45′ W.	Kotzebue	16° 0′ W.
"	1827	"	"	Beechey	15 27
"	1829	"	"	Erman	15 6
Acapulco	1827	36 36	124 13	Beechey	15 38
Mazatlan	1828	23 11	108 43	"	9 48
San Isabella . . .	1828	21 51	108 12	"	10 22
San Blas	1822	21 32	107 35	B. Hall	8 40
"	1828	"	"	Beechey	11 6
Tepic	1816	22 15	100 10	Livingston	8 30
"	1833	"	"	Petter	8 15
Guanaxuato . . .	1804	21 0	103 15	Humboldt	8 48
Mexico	1803	19 26	101 25	"	8 8
Acapulco	1815	19 12	98 29	Mahony	10 37
"	1819	"	"	Wise	9 16
Acapulco	1822	16 50	102 11	B. Hall	8 40
"	1828	"	"	Beechey	9 7
Veracruz	1816	16 18	89 7	Livingston	8 0
Fort San Carlos .	1829	13 22	90 6	Villeneuve	10 25
Tegucigalpa . . .	1816	9 19	82 18	Livingston	6 30 O.
"	1829	"	"	Lloyd	6 22
"	1832	"	"	Foster	6 28
Havana	1802	8 58	81 41	Span. Karten . . .	8 0
"	1822	"	"	B. Hall	7 0
Cartagena	1801	10 25	77 50	Humboldt	7 2
"	1813	"	"	Ovington	6 32
Turbaco	1801	9 14	76 48	Humboldt	7 32
Isle Vela	1816	12 11	74 36	Livingston	6 20
Turbaco	1829	5 29	77 45	Boussingault . . .	6 39
Santa-Fé de Bogota .	1801	4 36	76 35	Humboldt	7 35
Cuzco	1802	0 14 S.	81 5	"	9 24
Pasocaul	1822	2 12	82 18	B. Hall	9 5
Lima	1814	12 2 N.	71 9	Forley	4 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſ Abweichu
Curaçao	1818	12° 2′ N.	71° 9′ W.	Bentley	5° 1′
=	1820	=	=	Givry	5 30
Coro	1800	10 16	70 15	Humboldt	4 49
Calabozo	1800	8 56	70 11	=	4 54
Caracas	1800	10 31	69 25	=	4 39
La Guayra	1800	10 37	69 27	=	4 21
=	1814	=	=	Forley	4 53
=	1820	=	=	Givry	4 10
Cumana	1800	10 28	66 30	Humboldt	4 13
=	1820	=	=	Givry	3 10
Cariſſe	1800	10 10	66 14	Humboldt	3 15
Kanal v. Bahama .	1817	27 17	81 50	Blunt	5 26
= . .	1820	26 15	81 45	Givry	4 54
Inſ. Providence . .	1818	25 5	78 39	Livingſton	5 30
Jamaica	1819	17 55	78 29	de Mackau	4 50
=	1821	=	79 13	de Mayne	4 50
=	1822	=	=	Owen	4 54
=	1832	=	78 29	Foſter	5 13
Cuba, Havana . .	1816	23 9	84 43	Bentley	5 30
= Principe . .	1832	21 20	80 17	Lavallée	5 40
St.-Domingo.					
Cap Tiburon . .	1819	18 24	76 34	de Mackau	4 46
Le Mole	1820	19 52	75 42	Givry	5 23
Inſ. Wathing . . .	1818	23 59	76 51	Livingſton	4 40
Inſ. Crooked . . .	1818	22 7	76 37	=	4 27
= . . .	1832	=	=	Foſter	5 13
Gr. Cayman . . .	1815	19 12	83 46	Bentley	6 45
= . . .	1820	=	=	Givry	5 47
Gr. Inague . . .	1819	21 6	75 3	de Mackau	4 8
Caicos	1819	21 54	74 50	=	3 50
Mariguana . . .	1819	22 27	74 39	=	3 33
Nativité	1817	19 40	71 30	Blunt	2 2
Inſ. St.-Thomas .	1816	18 20	67 20	Henderſon	2 24
Inſ. Ste-Croix . .	1817	17 45	67 9	Thomſon	2 50
Inſ. Antigua . . .	1810	17 4	64 15	Abweichungs-Karte .	2 30
Inſ. Dominica . .	1819	15 18	63 53	—	2 40
= . . .	1826	=	=	Zahrtmann . . .	1 15
Guadeloupe . . .	1809	15 59	64 5	—	4 55
Martinique.					
Fort-Royal . . .	1820	14 35	63 28	Givry	3 4
= . . .	1824	=	=	Monnier	2 47
Barbados	1808	13 5	61 57	—	2 53
Inſ. Trinidad . . .	1822	10 39	63 52	Owen	4 0

Peru, Bolivia und Chili.

Payta	1821	5° 6′ S.	83°32′ W.	B. Hall	9° 0′
=	1823	=	=	Duperrey	8 56
Spitze v. Aguja . .	1823	6 0	83 33	=	10 19
Inſ. Lobos	1835	6 57	83 5	Fitz-Roy	9 5

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Esmanco	1835	9°15′ S.	80°34′ W.	Fitz-Roy	9° 5′ O.
Guarney	1835	10 6	80 35	"	9 5
Tasi	1835	10 49	80 8	"	9 8
Sancho	1821	11 7	80 2	B. Hall	9 36
Lima	1821	11 46	79 35	"	10 25
. . . .	1825	"	"	Chaucheprat . . .	8 30
Lima	1802	12 2	79 27	Span. Karten . . .	9 50
Callao	1821	12 3	79 34	B. Hall	10 34
"	1823	"	"	Duperrey	9 30
"	1835	"	"	Fitz-Roy	10 18
Pisco	1835	13 48	78 44	"	10 0
Isl. Sangallan . .	1823	13 50	78 51	Duperrey	9 33
San Juan	1835	15 21	77 35	Fitz-Roy	10 3
Acari	1835	15 33	77 16	"	10 3
Arica	1835	16 13	76 7	"	11 2
Punta de Pescadores .	1821	16 15	76 6	B. Hall	11 20
Camarones	1831	16 30	66 0	D'Orbigny . . .	8 30
Quilca	1822	16 42	74 52	Lartigue	10 14
Ilo	1823	17 0	74 32	"	10 0
"	1835	"	"	Fitz-Roy	11 0
Atico	1821	17 2	74 27	B. Hall	11 5
"	1823	"	"	Lartigue	10 0
Ilo	1823	17 36	73 45	"	10 15
Punta Coles . . .	1821	17 42	73 52	B. Hall	10 18
Arica	1821	18 28	72 45	"	10 25
"	1822	"	"	Lartigue	9 4
"	1835	"	"	Fitz-Roy	11 0
Arica	1835	20 12	72 34	"	12 18
Isle de la Constitution	1835	23 29	73 2	"	12 8
Mejillones	1835	26 34	73 10	"	13 46
Cerro Anglais . .	1835	27 5	73 16	"	13 32
Copiapo	1821	27 20	73 22	B. Hall	13 30
"	1835	"	"	Fitz-Roy	13 32
Huasco	1821	28 27	73 40	B. Hall	13 30
"	1835	"	"	Fitz-Roy	13 37
Cabo d. Carrisal .	1835	28 5	73 36	"	13 23
Coquimbo	1821	29 59	73 50	B. Hall	14 0
"	1828	"	"	Beechey	14 24
"	1835	"	"	Fitz-Roy	14 24
Tongoy	1835	32 8	73 55	"	15 24
Valparaiso	1835	32 20	73 51	"	15 12
Valparaiso	1802	33 2	74 1	Span. Karten . . .	14 55
"	1821	"	"	B. Hall	14 43
"	1823	"	"	Morrell	15 41
"	1825	"	"	Beechey	15 52
"	1827	"	"	Lütke	14 26
"	1830	"	"	King	15 18
"	1831	"	"	Laplace	15 0
"	1835	"	"	Fitz-Roy	15 18
Isl. Juan Fernandez	1830	33 38	81 14	King	17 13
Isl. Masafuero . .	1832	33 45	82 54	Laplace	16 0
Valle, Fl. . . .	1835	35 20	74 49	Fitz-Roy	16 24

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Talcahuano . . .	1821	36°42′ S.	75°31′ W.	B. Hall	15°30′ O
″	1823	″	″	Duperrey	16 16
″	1824	″	″	Kotzebue	15 0
″	1825	″	″	Beechey	16 49
″	1827	″	″	Lütke	17 2
″	1829	″	″	King	16 47
″	1835	″	″	Fitz-Roy	16 48
Arauco	1821	37 14	75 44	B. Hall	18 22
Inſ. Mocha . . .	1821	38 19	76 20	″	19 34
″	1823	″	″	Morrell	17 22
Valdivia	1822	39 53	75 49	Lartigue	17 0
″	1835	″	″	Fitz-Roy	17 30
San Carlos de Chiloe	1807	41 51	76 16	Smith	19 20
″ ″ . . .	1829	″	″	King	18 23
″ ″ . . .	1834	″	″	Fitz-Roy	18 0
Port Low	1835	43 48	76 22	King	19 48
Midſhip, Bai. . .	1834	45 18	76 56	Fitz-Roy	20 42

Guyana und Braſilien.

Cayenne	1820	4°56′ N.	54°35′ W.	Rouſſin	2°28′ (
Fernando de Noronha	1810	3 56	34 36	Abweichungs-Karte .	5 0 W
Penedo de S. Pedro .	1813	0 55	31 35	Collins	6 0
″ ″ . . .	1825	″	″	Beechey	9 5
Manoel-Luiz . . .	1820	0 51 S.	46 37	Rouſſin	0 57 (
Inſ. San-Joao . .	1832	1 17	47 20	Wellesley	1 24
Para	1832	1 28	50 48	Foſter	1 14
Inſ. Santa-Anna. .	1832	2 17	46 5	Wellesley	2 24
Maranhon	1820	2 29	46 37	Givry	1 37
″	1822	″	″	Foſter	0 31
″	1832	″	″	Owen	2 0
Morro Alegro. . .	1820	2 20	45 34	Rouſſin	0 5
Lançoes Grandes . .	1820	2 23	45 29	″	0 0
Igueraſſu, Fl. . .	1820	2 52	43 58	″	1 16 W
Jericacoara . . .	1820	2 47	42 48	″	2 23
Ciara	1820	3 43	40 54	″	3 3
″	1832	″	″	Wellesley	3 32
Spitze v. Mel . . .	1819	4 55	39 19	Rouſſin	3 36
Briſans das Urcas .	1819	4 51	38 39	″	3 50
Cap St.-Roch. . .	1819	5 28	37 37	″	4 55
Spitze Lucena . . .	1819	6 54	37 13	″	4 30
Pernambuco . . .	1815	8 3	37 12	Hawett	3 0
″	1819	″	″	Rouſſin	4 45
″	1822	″	″	Owen	4 48
″	1836	″	″	Fitz-Roy	5 54
Cap St.-Auguſtin .	1819	8 21	37 17	Rouſſin	4 30
Inſ. San Aleixo . .	1819	8 36	37 21	″	4 0
Fort Tamandaré . .	1819	8 43	37 25	″	3 47
Port des Français .	1819	9 40	38 3	″	3 19
Rio Franciſco . .	1819	10 29	38 44	″	3 10
Gracia de Avila . .	1819	12 32	40 21	″	2 23

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Bahia	1819	12° 0′ S.	40°52′ W.	Rouſſin	1°58′ W.
"	1822	"	"	Owen	2 0
"	1836	"	"	Fitz-Roy	4 18
Rocca de San Paulo	1819	13 22	41 14	Rouſſin	1 50
Ponta d. Muta	1819	13 53	41 17	"	1 16
Villa de San Jorge	1819	14 49	41 20	"	1 0
Porto Seguro	1819	16 27	41 28	"	0 54
"	1819	"	"	Givry	0 50
Rio d. Itocolimi	1819	17 0	41 20	Rouſſin	0 50
Inf. Abrolhos	1819	17 57	41 2	"	0 46
"	1836	"	"	Fitz-Roy	2 0
Rio San Matheo	1819	18 37	42 5	Rouſſin	0 1
Rio Doce	1819	19 37	42 11	"	0 5 O.
Rio Espirito-Santo	1819	20 21	42 38	"	0 56
Inf. Martin-Vaz	1822	20 29	31 12	Duperrey	7 0 W.
Inf. de la Trinidad	1826	20 32	31 40	D'Urville	6 50
Guanapari	1819	20 44	42 47	Rouſſin	1 0 O.
Rocca San Joao	1819	22 32	44 27	"	1 16
Cap Frio	1817	28 1	44 24	Freycinet	1 8
"	1819	"	"	Rouſſin	2 30
"	1822	"	"	Owen	3 0
"	1828	"	"	Foſter	1 7
"	1831	"	"	Kellett	0 12
Cap Rayo	1819	22 57	45 5	Rouſſin	2 40
Rio Janeiro	1817	22 54	45 36	Freycinet	2 15
"	1819	"	"	Rouſſin	3 40
"	1819	"	"	Givry	3 48
"	1820	"	"	Freycinet	3 34
"	1821	"	"	Rümker	3 21
"	1821	"	"	Bellingshauſen	4 3
"	1822	"	"	Owen	3 0
"	1825	"	"	Beechey	3 11
"	1826	"	"	King	2 37
"	1827	"	"	Lütke	3 0
"	1830	"	"	Erman	2 10
"	1832	"	"	Laplace	2 0
"	1836	"	"	Fitz-Roy	2 0
Rio Gabia	1819	22 59	45 43	Rouſſin	3 43
Barra de Cairoçu	1819	23 20	47 3	"	4 38
Inf. Bujios	1819	23 44	47 26	"	4 40
Inf. San Sebaſtiao	1819	23 47	47 47	"	3 25
" "	1819	"	"	Givry	3 30
" "	1819	"	"	Owen	3 12
Inf. Alcatraze	1819	24 6	48 7	Rouſſin	5 0
Conception	1819	24 13	49 7	Owen	6 0
Port de Santos	1819	24 1	48 50	Rouſſin	6 1
Barra de Santos	1819	24 18	48 37	"	5 50
Cacimada	1819	24 29	49 7	Owen	6 0
Cananea	1819	24 59	50 12	"	7 0
"	1819	"	"	Rouſſin	6 27
Inf. Rei	1819	25 33	50 46	"	6 11
Iguanagua	1819	25 34	50 47	"	7 39

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort: Breite	Geographiſcher Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Paranagua . . .	1819	25°34′ S.	50°47′ W.	Givry	7°42′ O.
Berg Itacolomi . .	1819	25 50	50 53	Rouſſin	7 30
Rio San Francisco .	1819	26 6	51 0	″	7 28
Inſ. Tamboretes . .	1819	26 21	50 59	″	7 30
Inſ. Anhatomirim .	1804	27 25	51 1	Kruſenſtern . . .	7 51
″	1819	″	″	Owen	7 30
″	1819	″	″	Rouſſin	7 29
″	1819	″	″	Givry	7 26
″	1822	″	″	Duperrey	6 26
″	1827	″	″	King	6 30

Uruguay, argentiniſche Republik und Patagonien.

Corrientes	1826	27°27′S.	61° 5′ W.	D'Orbigny . . .	8° 0′ 0
Arroyo Grande . .	1829	33 40	59 24	″	12 0
Auf dem Yi . . .	1829	33 30	58 0	″	11 55
Buenos-Ayres . . .	1813	34 36	60 44	Heywood	12 30
″ . . .	1829	″	″	D'Orbigny . . .	13 10
Montevideo . . .	1807	34 54	58 33	Beaufort	13 20
″ . . .	1820	″	″	Freycinet	12 47
″ . . .	1827	″	″	King	12 7
″ . . .	1829	″	″	D'Orbigny . . .	11 43
″ . . .	1830	″	″	Duperrey	11 42
″ . . .	1833	″	″	Fitz-Roy	12 0
Inſ. Gorriti . . .	1813	35 0	57 14	Heywood	13 0
″	1829	″	″	King	13 48
Cruz de Guerra . .	1828	35 40	63 3	D'Orbigny . . .	14 7
Tandil	1823	37 20	61 20	—	14 59
″	1828	″	″	D'Orbigny . . .	14 26
Bahia-Blanca . . .	1828	38 50	64 21	″	13 39
″	1832	″	″	Fitz-Roy	15 0
Rio Negro	1832	41 1	65 7	″	17 42
Rio Chupat . . .	1832	43 20	67 14	″	18 6
Port Ste.-Hélène .	1826	44 30	67 37	King	19 19
Port Deſiré . . .	1826	47 45	68 15	″	19 42
″	1834	″	″	Fitz-Roy	20 12
Eisbärenbai . . .	1829	47 51	68 8	King	20 47
Port St.-Julien . .	1834	49 15	70 2	Fitz-Roy	21 0
Rio Sta.-Cruz . .	1834	50 7	70 44	″	20 54
Rio Gallegos . . .	1829	51 33	71 18	King	21 47
Cap de los Virgines .	1829	52 19	70 37	″	22 30
Cap Gregory . . .	1829	52 38	72 30	″	23 34
Peckett Hafen . . .	1829	52 47	73 1	″	23 49
Ste.-Marie . . .	1829	53 22	73 14	″	23 26
Port Famine . . .	1828	53 38	73 18	″	23 30
Cap San Iſidore . .	1828	53 47	73 15	″	23 30
Cascade Haf. . . .	1828	53 58	73 48	″	24 18
Cap Gallant . . .	1828	53 42	74 19	″	24 35
Port Gallant . . .	1828	53 42	74 17	″	24 4
Bachelor, Fl. . . .	1828	53 33	74 37	″	24 6
Cap Providence . .	1828	52 59	75 51	″	23 22

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cap Tamar . . .	1828	52°55′ S.	76° 4′ W.	King	23°24′ O.
Cap Certado . . .	1828	52 50	76 43	"	23 40
Mount Observation .	1828	52 29	76 53	"	24 9
Inf. Mercy . . .	1828	52 45	76 55	"	23 48
Barring, Bucht . .	1828	54 24	73 25	"	24 57
Kap, Bai	1828	54 19	73 35	"	24 56
Tom, Haf. . . .	1828	54 24	74 22	"	25 19
Hewett, Bai . . .	1828	54 15	74 37	"	24 0
Nördl. Ankerpl. . .	1828	54 9	74 31	"	24 12
Desert, Bai . . .	1828	54 0	74 38	"	24 0
Berte-St.-Martin .	1828	53 7	74 21	"	23 58
Englefield, Inf. . .	1828	53 4	74 12	"	23 56
Tamin, Bucht . .	1828	52 45	74 42	"	23 40
Wigwam, Bucht . .	1828	52 59	73 45	"	23 34
Tiefer Hafen . . .	1828	52 41	76 5	"	23 4
Gute Bai	1828	52 34	76 3	"	23 20
Jerome-Bai . . .	1828	52 15	76 1	"	23 10
Tétreau	1828	52 9	76 3	"	23 40
Ramon Creek . . .	1828	51 47	76 29	"	24 9
Achsi. Hafen . . .	1828	51 26	76 27	"	24 40
Puerto Bueno . .	1828	50 58	76 27	"	21 0
Port Henry . . .	1828	50 0	77 35	"	20 50
Cap Pinnero . . .	1828	49 50	77 52	"	20 58
Xavier, Inf. . . .	1828	47 10	76 46	"	19 50
Port Otway . . .	1828	46 49	77 39	"	20 32
Port Sta.-Barbara .	1828	48 2	77 49	"	19 10
Delacation, Hafen .	1828	52 54	76 53	"	23 53
Beef, J.	1828	53 11	76 35	"	24 0
Lennode, Bai . . .	1828	53 19	76 32	"	23 56
Noir roads . . .	1828	54 28	75 16	"	24 40
Cap Noir	1828	54 30	75 21	"	25 0
Parry, Hafen . . .	1828	54 28	74 34	"	24 30
Perth, Bucht . . .	1828	54 24	74 35	"	24 30
Lennehend . . .	1828	54 42	74 12	"	24 34
Stewart	1828	54 54	73 45	"	24 14
Doris, Bucht . . .	1828	54 59	73 26	"	24 16
Rach, Hafen . . .	1828	55 23	72 14	"	24 4
Aventure, Bucht . .	1828	55 21	72 10	"	24 40
Orange, Bai . . .	1828	55 31	70 20	"	23 56
Lennox, Hafen . .	1828	55 17	69 4	"	23 40
Inf. Diego Ramirez .	1829	56 26	70 56	"	24 0
Inf. Ildefonso . .	1822	55 49	71 20	Weddell	26 40
Cap Horn	1822	55 49	69 36	"	23 39
"	1834	"	"	Fitz-Roy	24 0
Baie du Bon-Succès .	1829	54 48	67 34	King	22 42
"	1834	"	"	Fitz-Roy	22 54
Cap St.-Jean . . .	1822	54 47	66 7	Duperrey	21 0
Maluinen-Inseln.					
Baie Française . .	1820	51°32′ S.	60°30′ W.	Freycinet	19°26′ O.
"	1822	"	"	Duperrey	19 7
"	1834	"	"	Fitz-Roy	19 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Bai Choiseul . . .	1834	51°54′ S.	60°31′ W.	Fitz-Roy	19° 2′ O.
Port Porpoise. . .	1834	52 21	61 41	"	19 7
Port Edgar . . .	1820	52 3	62 36	Owen	19 30
" . . .	1834	"	"	Fitz-Roy	20 0
Port Stephens . .	1834	52 12	63 1	"	20 4
Port Egmont . . .	1834	51 21	62 25	"	19 5
Mitte des Golfs v. Patagonien . . .	1822	51 34	66 40	Duperrey	21 32
"	1822	53 19	66 57	"	21 21

Süd-Polar-Gegend.

Im Meere	1831	66°48′ S.	1°18′ W.	Biscoë	18° 0′ W.
"	1831	62 25	4 48	"	15 0
"	1820	69 0	3 8	Bellingshausen . .	11 28
"	1820	69 17	5 6	" . .	8 48
"	1820	63 18	6 15	" . .	9 55
"	1820	60 50	8 12	" . .	10 37
"	1831	59 16	9 34	Biscoë	11 30
"	1820	60 7	9 38	Bellingshausen . .	9 12
"	1820	59 27	12 10	" . .	7 6
"	1820	59 15	13 39	" . .	4 8
"	1820	59 47	17 50	" . .	3 48
"	1831	59 35	21 14	Biscoë	1 30 O.
"	1820	59 50	23 7	Bellingshausen . .	2 34
"	1830	58 18	25 34	Biscoë	2 0
Sandwich-Land . .	1820	59 39	28 49	Bellingshausen . .	6 32
	1819	57 49	29 4	" . .	4 52
	1819	57 10	29 20	" . .	5 22
	1820	60 17	29 44	" . .	7 9
	1820	60 3	29 59	" . .	7 4
"	1838	61 50	33 50	D'Urville	7 4
"	1838	62 20	35 30	"	8 0
"	1823	65 44	36 24	Weddell	12 2
"	1823	74 15	36 37	"	11 20
"	1823	72 30	37 11	"	12 23
"	1823	73 34	38 15	"	15 10
"	1838	62 20	38 40	D'Urville	11 9
Inf. Georgia . . .	1823	54 3	40 0	Weddell	11 15
Im Meere	1823	64 54	42 0	"	10 35
"	1838	63 15	46 35	D'Urville	15 27
Cap Dundas . . .	1823	60 46	46 56	Weddell	16 0
Inf. Saddle . . .	1823	60 38	47 18	"	16 0
"	1838	"	"	D'Urville	14 46
	1838	60 0	47 30	"	15 0
Cap West	1823	60 42	48 44	Weddell	16 0
Inf. Elephant. . .	1838	61 20	57 10	D'Urville	19 40
Joinville-Land . .	1838	63 0	58 50	"	23 0
Inf. König-Georg .	1821	61 42	60 30	Bellingshausen . .	24 27
Inf. Dumoulin . .	1838	63 30	61 40	D'Urville	22 30
Inf. Greenwich . .	1821	62 30	62 30	Powell	25 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Inf. Deception . .	1829	63° 0′ S.	62°50′ W.	Kendall	28° 0′ O.
Inf. Lewis	1821	62 45	64 0	Powell	25 14
Inf. James . . .	1823	62 53	64 15	Weddell	27 30
Inf. Smith . . .	1821	63 9	65 20	Bellingshausen . .	24 24
Graham-Land . . .	1832	64 20	67 40	Biscoë	26 0
Im Meer	1822	57 9	68 44	Duperrey	24 6
. . . .	1822	57 57	69 57	"	25 2
. . . .	1832	64 53	69 23	Biscoë	26 20
. . . .	1823	57 52	79 27	Duperrey	27 6
I. Alexander I., in Sicht	1821	69 8	79 12	Bellingshausen . .	32 3
Im Meere	1822	66 27	80 24	Biscoë	30 0
. . . .	1823	57 48	83 40	Duperrey	27 48
. . . .	1823	54 26	85 52	"	25 15
. . . .	1821	67 26	88 28	Bellingshausen . .	33 36
Inf. Peter I., in Sicht	1821	68 57	93 6	"	36 6
Im Meere	1820	58 29	101 49	Freycinet	23 50
. . . .	1832	64 10	113 10	Biscoë	23 0
. . . .	1821	63 26	117 15	Bellingshausen . .	21 31
. . . .	1820	62 2	122 27	"	24 0
. . . .	1820	65 4	123 19	"	20 0
. . . .	1832	64 20	122 0	Biscoë	17 0
. . . .	1822	55 50	152 10	"	12 0
. . . .	1820	64 21	157 41	Bellingshausen . .	19 10
. . . .	1820	66 4	168 0	"	30 34
. . .	1832	56 26	172 50	Biscoë	16 0
. . . .	1820	55 2	176 31	Freycinet	19 37
. . . .	1820	61 54	177 0	Bellingshausen . .	20 10
. . . .	1832	52 44	178 12	Biscoë	13 0
. . . .	1820	55 17	179 38 O.	Freycinet	15 57
. . . .	1820	54 59	175 1	"	16 55
. . . .	1820	53 44	170 40	"	15 23
Inf. Campbell . .	1820	52 40	167 1	"	14 0
Im Meer	1820	63 17	164 38	Bellingshausen . .	22 26
. . . .	1820	60 22	161 11	"	22 7
Inf. Macquarie . .	1820	54 56	156 53	"	14 30
Im Meere	1820	52 20	151 37	"	13 0
. . . .	1824	46 45	146 58	Duperrey	10 4
. . . .	1820	49 45	140 10	Bellingshausen . .	6 53
. . . .	1831	48 40	137 35	Biscoë	0 0
. . . .	1820	49 44	134 0	Lazareff	1 0
. . . .	1820	49 59	134 0	"	0 52 W.
. . . .	1831	51 53	126 49	Biscoë	0 0
. . . .	1820	55 4	126 48	Bellingshausen . .	8 45
. . . .	1820	56 42	121 50	"	21 5
. . . .	1820	54 49	110 47	Lazareff	27 49
. . . .	1820	55 3	107 13	"	31 16
. . . .	1831	54 57	102 12	Biscoë	27 38
. . . .	1820	56 11	101 44	Lazareff	37 26
. . . .	1820	58 22	95 8	Bellingshausen . .	42 51
. . . .	1820	57 25	88 39	Lazareff	42 52
. . . .	1820	59 34	86 12	"	44 40
. . . .	1820	60 29	83 46	Bellingshausen . .	49 40

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetisch Abweichun
Im Meere	1820	60°49′ S.	80° 2′ O.	Bellingshausen . .	48° 4′ W
″	1820	61 22	67 17	″	45 26
″	1820	62 4	65 56	″	45 19
″	1820	62 48	66 23	″	46 9
″	1831	65 16	62 27	Biscoë	40 28
Inf. Marion u. Crozet	1838	46 26	49 30	Cécille	35 0
	1820	62 28	50 7	Bellingshausen . .	44 4
	1820	62 50	39 45	″	39 2
	1820	65 48	39 24	″	40 35
In der Nähe von	1820	66 49	39 6	″	40 13
Enderby's-Land .	1820	65 5	39 2	″	38 9
	1831	66 46	38 50	Biscoë	40 22
	1831	67 50	34 18	″	34 12
	1831	66 56	34 37	″	33 0
	1820	66 59	35 18	Bellingshausen . .	35 53
Prinz-Eduards-Inf. .	1838	46 45	35 16	Cécille	33 0
Im Meere	1820	65 13	25 55	Bellingshausen . .	32 11
″	1831	68 58	21 25	Biscoë	29 10
″	1831	68 43	20 5	″	28 44
″	1820	65 44	21 0	Bellingshausen . .	29 55
″	1820	67 25	16 43	″	24 44
″	1820	67 16	14 41	″	23 14
″	1820	66, 1	15 15	″	22 59
″	1831	68 30	12 22	Biscoë	23 12
″	1820	64 26	9 44	Bellingshausen . .	22 39
″	1820	65 50	7 22	″	19 58
″	1831	67 57	6 8	Biscoë	21 12
″	1820	66 12	0 6	Bellingshausen . .	15 57

Anmerk. Die vorstehende Tabelle enthält eine große Anzahl von Beobachtungen, Duperrey seinen 1836 erschienenen Karten der magnetischen Meridiane und Parallelk zu Grunde gelegt hat.

Die Abweichung der Magnetnadel ist secularen, jährlichen, monatlichen u täglichen Variationen unterworfen, welche man als regelmäßig annehmen ka und außerdem noch unregelmäßigen Schwankungen, die sich bei gewissen Nat erscheinungen, z. B. bei den Polarlichtern zeigen.

Die ältesten Beobachtungen der Abweichung gehen für Paris bis auf d Jahr 1580, für London bis 1576 zurück. Damals betrug die Abweichung Paris 11° 30′ östlich; 1663 befand sich die Magnetnadel im wahren Merid oder die Abweichung war = 0; seitdem wurde die Abweichung westlich; Jahr 1814 hatte sie ihr Maximum erreicht und seitdem geht die Nadel wieder l wahren Meridian zu. Die zu Paris beobachteten Abweichungen sind folgende:

1580	11° 30′ östl.	1767	19° 16′ westl.
1618	8 0	1780	19 55
1663	0 0	1785	22 0
1678	1 30 westl.	1805	22 5
1700	8 10	1813	22 28

1814	22°	34′ westl.	1823	22	23
1816	22	25	1824	22°	23′ westl.
1817	22	19	1825	22	22
1818	22	22	1826	=	=
1819	22	29	1827	22	20
1820	=	=	1828	22	5
1821	=	=	1832	22	3
1822	22	11	1835	22	4

In London hat man folgende Abweichungen beobachtet:

1576	11°	15′ östl.	1760	19°	30′ westl.
1580	11	17 Maximum	1774	22	20
1622	6	12	1778	22	11
1634	4	5	1790	23	39
1657 / 1662	0	0	1800	24	36
			1806	24	8
1666	0	34 westl.	1813	24	20,17
1670	2	66	1815	27	18 Maximum
1672	2	30	1816	24	17,9
1700	9	40	1820	24	11,7
1720	13	10	1823	24	9,4
1740	16	10	1831	24	0

Vergleicht man beide Tabellen, so zeigt sich, daß das Maximum der östlichen Abweichung an beiden Orten 1580 stattfand; daß von 1657 bis 1662 zu London die Abweichung = 0 war, während dies zu Paris erst 1663 der Fall war; daß das Maximum der westlichen Abweichung in London 1815, in Paris 1814 eintrat. Die beiden Maxima traten also zu London und Paris ziemlich zu derselben Zeit ein.

Folgende Declinationsbeobachtungen am Cap der guten Hoffnung zeigen, daß die seculären Variationen auf der südlichen Halbkugel einen analogen Gang wie auf der nördlichen nehmen:

1605	0°	30′ östl.	1724	16°	27′ westl.
1609	0	12 westl.	1752	19	0
1614	1	30	1768	19	30
1667	7	15	1775	21	14
1675	8	30	1791	25	40 Maximum
1702	12	50	1804	25	4

Barlow suchte die seculären fortschreitenden Aenderungen der Abweichung durch eine Formel auszudrücken. Er nahm dabei an, daß der Magnetpol, welcher auf die Nadel zu London wirkt, im Jahr 1818 unter 75° 2′ n. Br. und 67° 11′ w. L. sich befand, und schloß daraus, daß die Bewegung der Nadel gleichmäßig sei und 4° 14′ in 10 Jahren betrage. Auf Grund dieser Annahme berechnete er nun die Abweichung in London von 1660 bis 1818 und kam zu Resultaten, welche von den beobachteten Werthen der Declination nur wenig abweichen, wie die nachstehende Zusammenstellung beweist.

Rechnung			Beobachtung		Autorität
Jahr	Abweichung		Abweichung	Jahr	
1658 od. 1660	0°	0′	0°	0′	1658 od. 1660	Bond
1670	2	44	2	30	1672	Halley
1680	5	25			1676	Bond
1690	7	59	6	0	1692	Halley
1700	10	26		"	"	"
1710	12	43		"	"	"
1720	14	47	14	17	1728	Graham
1730	16	41				"
1740	18	20	17	0	1745	"
1750	19	47	17	48	1748	"
1760	21	1				Heberden
1770	22	4	21	9	1778	Gilpin
1780	22	54	23	17	1786	"
1790	23	33	23	39	1790	"
1800	24	1	24	3	1800	"
1810	24	18	24	11	1809	"
1818	24	30	24	30		

Man ſieht, daß die Differenzen zwiſchen den berechneten und den beobachteten Abweichungen nicht bedeutend ſind. Barlow hat nach ſeiner Methode auch die Abweichungen von Paris und Kopenhagen berechnet. Die Differenz zwiſchen den berechneten und den beobachteten Abweichungen blieb für Paris unter 0° 30′, für Kopenhagen unter 0° 20′ mit Ausſchluß der 1781 beobachteten Abweichung.

Die jährlichen Schwankungen der Abweichung ſcheinen von der Stellung der Sonne zur Zeit der Nachtgleichen und der Sonnenwenden abhängig zu ſein. Caſſini *) kam zu folgenden Beſtimmungen. Vom Januar bis zum April entfernt ſich (in Paris) die Magnetnadel vom Nordpol, ſo daß die weſtliche Abweichung zunimmt. Vom April bis zu Anfang Juli, d. h. in der Zeit zwiſchen der Frühlingsnachtgleiche und der Sommerwende, nimmt die Abweichung ab. Nach der Sommerwende bis zur nächſten Frühlingsnachtgleiche geht die Nadel wieder weſtlich, ſo daß ſie im October ungefähr in derſelben Richtung ſich befindet wie im Mai; zwiſchen October und März iſt die weſtliche Bewegung geringer als in den drei vorhergehenden Monaten. Es folgt hieraus, daß die Nadel während der drei Monate zwiſchen der Frühlingsnachtgleiche und der Sommerwende gegen Oſten ſich zurückbewegt, in den 9 folgenden Monaten aber im Gegentheil ihr Gang im Allgemeinen gegen Weſten gerichtet iſt. Caſſini hat auch bemerkt, daß die Abweichungen in gleicher Weiſe auch in den Kellern des Obſervatoriums vor ſich gingen alſo an einem Orte, wo das Licht der Sonne nicht hingelangt und wo die Wärme conſtant iſt.

Arago ſuchte aus einer Reihe von Beobachtungen für Paris und London die mittlere Abweichung jedes Tages, indem er das arithmetiſche Mittel der größ-

*) Ann. de Ch. et Phys. T. XVI. p. 54.

ten und kleinſten Abweichung nahm, ferner die mittlere Abweichung jedes Monats, welche das Mittel aus den Abweichungen der einzelnen Tage des Monats iſt. Alle monatlichen mittleren Abweichungen für Paris von 1784 bis 1788 ſtellte er in einer Tabelle zuſammen. In einer andern Tabelle ſtellte er für London die mittleren Abweichungen zur Zeit der Nachtgleichen und Sonnenwenden von 1793 bis 1805, berechnet nach den Beobachtungen von Gilpin, zuſammen. Indem er alle dieſe Reſultate verglich, fand er ein Maximum der Abweichung zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche und ein Minimum zur Zeit der Sommerſolſtitiums, aber mit dem Unterſchiede, daß die Weite der Oscillationen für London geringer war als für Paris.

Die beiden hier mitgetheilten Tabellen dienen dem Geſagten zur Beſtätigung:

Mittlere Abweichungen in Paris.

	1784	1785	1786	1787	1788	Mittel der 5 Jahre
Januar . . .	— 4′ 29″	+ 18′ 19″	27′ 8″	33′ 9″	39′ 31″	22′ 43″
Februar . .	— 4 53	+ 20 2	27 36	37 42	41 25	24 22
März	+ 2 53	+ 19 44	28 36	48 59	40 46	28 12
April . . .	+ 3 39	+ 19 12	30 47	49 58	53 21	31 23
Mai	+ 2 39	+ 17 31	27 51	46 47	49 58	28 57
Juni	— 2 59	+ 14 26	17 43	40 4	46 46	23 12
Juli	— 2 31	+ 14 26	20 56	35 26	46 17	22 55
August . .	— 0 58	+ 15 39	20 39	37 50	45 19	23 42
September .	+ 3 13	+ 18 9	24 57	42 33	46 17	26 2
October . .	+ 9 58	+ 21 11	30 54	47 42	52 6	32 22
November .	+ 12 18	+ 26 32	26 52	35 18	54 42	31 8
December . .	+ 13 54	+ 27 13	32 30	39 12	52 1	32 58

Das Zeichen —, womit einige Zahlen der Columne 1784 behaftet ſind, zeigt an, daß der Index rechts vom Nullpunkte der Theilung war.

Mittlere Abweichungen in London.

Jahre	März	Juli	September	December
1793	23° 48′,8	23° 48′,5	23° 52′,6	23° 52′,3
1795	23 57 ,5	23 57 ,1	24 0 ,4	23 59 ,4
1796	24 1 ,1	23 58 ,7	24 0 ,1	24 1 ,3
1797	24 1 ,5	24 0 ,2	24 1 ,4	24 1 ,3
1798	24 0 ,6	24 0 ,0	24 1 ,4	24 1 ,4
1799	24 1 ,1	24 0 ,6	24 2 ,9	24 2 ,3
1800	24 3 ,6	24 1 ,8	24 3 ,6	24 3 ,3
1801	24 5 ,2	24 2 ,8	24 3 ,8	24 5 ,4
1802	24 6 ,9	24 5 ,3	24 8 ,7	24 6 ,8
1803	24 8 ,0	24 7 ,0	24 10 ,5	24 10 ,7
1804	24 9 ,4	24 6 ,0	24 8 ,9	24 9 ,0
1805	24 8 ,7	24 7 ,8	24 10 ,0	24 9 ,4
Mittel	24° 2′,7	24° 1′,3	24° 3′,7	24° 3′ ,6

Bei Vergleichung der Beobachtungen Cassini's von 1786 mit denen vo 1800, die den Messungen Gilpin's entsprechen, machte Arago die Bemerkung daß sie nur in einem Punkte von einander sich unterscheiden: im Jahr 178 betrug die jährliche Aenderung der Abweichung 0° 9′, während dieselbe i Jahr 1800 kaum 0° 1′ betrug. Die retrograde Bewegung, welche die Nad von der Frühlings-Nachtgleiche bis zur Sommerwende erleidet, hat sich also gleicher Zeit mit der allgemeinen und jährlichen Bewegung gegen Westen vermi dert. Arago giebt auch eine Tabelle von mittleren Declinationsbestimmung für Salem in den Vereinigten Staaten, welche von Bowditch im Jahr 181 beobachtet wurden. An diesem Orte ist die Abweichung westlich und nimmt i einer langen Reihe von Jahren jährlich um ungefähr 0° 2′ ab. Bei der Prüfu dieser Resultate findet man keine Spur von der von Cassini angezeigten Period denn die Abweichung hat sich in der Zeit vom Frühlings-Aequinoctium bis z Sommer-Solstitium nicht nur nicht vermindert, sondern im Gegentheil vom Ap bis in den August sich vermehrt; dagegen hat sie sich aber zwischen September u December merklich vermindert, wie die nachstehende Tabelle *) zeigt:

April	1810	.	.	6°	21′	21″	W.	November	1810	.	.	6° 19′ 11″
Mai	=	.	.	=	23	36		December	=	.	.	= 12 35
Juni	=	.	.	=	25	42		Januar	1811	.	.	= 20 55
Juli	=	.	.	=	28	51		Februar	=	.	.	= 21 19
August	=	.	.	=	29	44		März	=	.	.	= 20 29
September	=	.	.	=	25	21		April	=	.	.	= 23 39
October	=	.	.	=	21	42		Mai	=	.	.	= 21 38

Es wäre möglich, daß die Periode Cassini's vom Frühling auf den Herb fortgerückt wäre. Bestätigte sich diese Annahme, so würden nach Arago folgen Grundbestimmungen anzunehmen sein:

1) Wenn die Nadel, deren Abweichung westlich ist, vom Meridian sich e fernt (die seculare Abweichung im Fortschreiten nach Westen begriffen ist), erleidet sie (jährlich) eine retrograde Bewegung, welche sie der Ebene des Me dians wieder nähert. Dies ist die Entdeckung Cassini's.

2) Diese retrograde Oscillation ist um so bedeutender, je größer die jä liche Veränderung der Abweichung ist. Dies folgt aus der Vergleichung Beobachtungen von Cassini und Gilpin.

3) Die Oscillation verschwindet und alle Monate geben ziemlich dies mittlere Abweichung, wenn die Nadel zur Grenze ihrer westlichen Abweich gelangt und die Aenderung der jährlichen Abweichung gleich 0 geworden Dies folgt aus Beobachtungen von Beaufoy **).

*) Memoirs of the American Academy.

**) Wenn die Nadel ihr Maximum westlicher Abweichung in ihrer secularen Beweg erreicht hat, so ist sie auf einen Wendepunkt gelangt, und es findet einige Jahre keine be tende und entschieden westlich oder östlich gerichtete Veränderung ihrer Abweichung s Dies bestätigen besonders die oben S. 82 f. mitgetheilten Bestimmungen der absoluten D nation für Paris. 1814 erreicht die Abweichung ihr westliches Maximum, von da aber 1826 geht die Nadel zwar entschieden zum Meridian zurück, jedoch so, daß die Abweich bald größer bald kleiner wird, im Ganzen um ein Mittel von 22° 21′, 5 oscillirt.

4) Nimmt die westliche Abweichung von Jahr zu Jahr ab, so beobachtet man keine merklichen Schwankungen gegen Osten weiter als in den Monaten September bis December. (Beobachtung von Bowditch.)

Die Vergleichung der Beobachtungen von Bowditch mit denen von Cassini rechtfertigt aber noch folgende, wie mir scheint, sehr beachtenswerthe Bemerkung: Wenn die seculare Bewegung der Magnetnadel vom wahren Meridian ab nach Westen gerichtet ist, so tritt zur Zeit zwischen dem Frühlings-Aequinoctium und dem Sommer-Solstitium eine retrograde Bewegung zum Meridian zurück (also östlich) nach der Gegend, aus welcher sich die Nadel im Ganzen entfernt, ein. Wenn dagegen die seculare Bewegung der Nadel von Westen ab nach dem Meridian gerichtet ist, so tritt in derselben Zeit eine retrograde Bewegung vom Meridian ab (also westlich) nach der Gegend, aus welcher sich die Nadel entfernt, ein. So gefaßt widerlegen die Cassini'schen und Bowditch'schen Beobachtungen einander nicht, sondern bestätigen einander.

Die täglichen Variationen der Magnetnadel wurden 1722 von Graham entdeckt und sind seitdem unausgesetzt beobachtet worden, um aus ihrem Gange einen Schluß auf das Wesen des Erdmagnetismus machen zu können. Zuerst sah man, daß in Europa das Nordende der Nadel täglich von Sonnenaufgang bis etwa eine Stunde nach Mittag sich westwärts bewegt, dann aber wieder ostwärts geht, so daß sie ungefähr um 10 Uhr Abends wieder in derselben Stellung sich befindet, wie dies Morgens der Fall war. Da bei uns die absolute Abweichung westlich ist, so erreicht also die Abweichung täglich eine Stunde nach Mittag ihr Maximum und geht von da bis 10 Uhr zu ihrem Minimum zurück, von wo sie am nächsten Morgen wieder ihre Wanderung beginnt. Während der Nacht finden keine auffallenden Schwankungen statt. Zu Paris ist das Mittel der täglichen Variation für April, Mai, Juni, Juli und September 13 bis 15′, für die übrigen Monate 8 bis 10′. Es giebt aber Tage, wo sich die Variation bis auf 25′ erhebt, und andere, wo sie kaum 5 bis 6′ beträgt. Das Maximum der Abweichung findet für die verschiedenen Orte der Erde keineswegs zu derselben Stunde statt. Dove hat gezeigt, daß das Maximum der östlichen Abweichung zu Freiberg, Nikolajeff und Petersberg um 8 Uhr Morgens eintritt, zu Kasan um 9 Uhr; das Maximum der westlichen Ablenkung um 2 Uhr Nachmittags zu Kasan, Nikolajeff, Petersburg, um 1 Uhr zu Freiberg. In Dänemark, in Island, in den Nordpolar-Gegenden sind die täglichen Bewegungen der Nadel ausgebreiteter, aber eben so regelmäßig und machen während der Nacht keinen Stillstand. Man hat daraus geschlossen, daß die täglichen Variationen sich vergrößern, je mehr wir uns dem Pole nähern, und sich vermindern, je näher wir dem magnetischen Aequator kommen, woselbst sie sehr schwach sind. Obwohl die Variationen der Magnetnadel in unsern Gegenden einer regelmäßigen Bewegung von Ost nach West unterworfen sind, so findet man doch nicht zwei Tage im Jahre, an denen sie vollkommen mit einander übereinstimmten. Diese schon längst gemachte Bemerkung ist durch die Beobachtungen von Gauß und Weber, welche den größtmöglichen Grad von Genauigkeit erreicht haben, gerechtfertigt worden.

Zur Bestätigung des Gesagten, und um sich eine bestimmte Vorstellung von dem täglichen Gange der Magnetnadel an verschiedenen Orten der Erde zwischen den Polen und dem Aequator zu bilden, mögen einige Reihen von Beobachtungen der täglichen Variationen folgen. Wir beginnen mit denen, welche in Island und

Grönland durch eine wiſſenſchaftliche Commiſſion unter Leitung Gaimard gemacht worden ſind, die dahin auf der Corvette La Recherche 1836 geſch wurde. Der zur Beobachtung angewendete Apparat war der von Gamb (S. Declinatorium.)

Vor der Abreiſe verglich der Lieutenant Lottin in Gemeinſchaft mit Bo vard den Gang der Nadel der Buſſole der Recherche mit der der Buſſole Pariſer Obſervatoriums. Becquerel theilt die graphiſchen Darſtellungen erhaltenen Reſultate mit, aus denen man bequem überſieht, wie zwei Nadeln zw gleich vorzüglichen Inſtrumente an demſelben Ort zu derſelben Zeit in ihren S lungen von einander abwichen und wie weit ſie mit einander überſtimmten. M kann hieraus einen Schluß auf den Grad von Zuverläſſigkeit machen, wel derartige Beobachtungen haben, um zu allgemeinen Beſtimmungen benutzt zu w den. Die Vergleichung wurde vom 12. bis 19. April 1836 vorgenommen, ungefähr 8 Uhr Morgens und von 12 bis 2 Uhr, als den Zeiten der größten weichung der Nadel nach Oſten und nach Weſten. Im Folgenden ſind die Beob tungen der Weite der Ablenkungen der Nadel vom 12. und 13. April 18 zuſammengeſtellt.

Stunden	Nadel der Recherche		Nad. d. Obſervatoriums		Wind, Wetter ꝛc.
	Weite	Differenz	Weite	Differenz	
12. April					
8h. 15′	= =		24′ 45″		Himmel bedeckt. W. N
		= =		— 0′36″	
30	= =		24 9		Desgl.
		= =		— 2 42	
9 0	= =		21 27		H. bedeckt. W. WNW
		= =		—11 42	
12 30	18′ 16″		9 45		H. bewölkt. W. NNW
		— 1′17″		+ 0 4	
50	16 59		9 49		Desgl.
		+ 1 30		— 1 43	
1 10	18 29		8 6		Desgl.
		— 0 25		+ 0 27	
30	18 4		8 33		Desgl.
		— 1 6		+ 1 3	
50	16 58		9 36		Desgl.
		— 0 46		= =	
2 10	16 12		= =		Desgl.
		— 1 9		+ 2 24	
30	15 3		= =		Desgl.
		— 0 34		= =	
40	14 29		12 0		H. bewölkt. W. NW.
13. April					
8 0	1 26		24 0		H. bedeckt. W. WSW
		+ 2 13		— 1 39	

Stunden	Nadel der Recherche		Nad. d. Observatoriums		Wind, Wetter ꝛc.
	Weite	Differenz	Weite	Differenz	
13. April.					
20	3′ 39″		22 21		H. bedeckt. W. WSW.
		+ 0′ 5″		— 0′27″	
40	3 44		21 54		Desgl.
		— 0 13		0 0	
9 0	3 31		21 54		Himmel bedeckt. W. W.
		+14 7		—12 36	
12 0	17 38		9 18		H. sehr bewölkt. W. W.
		+ 0 4		— 0 41	
20	17 42		8 37		Desgl.
		+ 0 34		— 0 31	
40	18 16		8 6		Desgl.
		+ 1 13		+ 1 39	
1 0	17 3		9 45		H. bedeckt. W. WSW.
		+ 4 31		— 4 48	
20	21 34		4 57		H. bedeckt. W. WNW.
		+ 1 52		— 2 42	
40	23 26		2 15		H. bedeckt. W. W.
		— 3 56		= =	
2 0	19 30		= =		Desgl.
		— 5 27		+10 21	
20	14 3		12 36		Desgl.
		+ 0 34		= =	
40	14 37		= =		Desgl.

Auch die Beobachtungen zu Reykiawik wurden von gleichzeitigen Beobachtungen auf dem Observatorium zu Paris begleitet, vom 10. bis 28. August 1836 von 15 zu 15 Minuten, um den Gang der Nadel in den nördlichen Breiten mit dem Gange derselben in den gemäßigten Breiten vergleichen zu können; die graphische Darstellung der an diesen beiden Orten beobachteten täglichen Variationen zeigt, daß der Gang beider Nadeln von Nachts 1 Uhr bis gegen $11\frac{1}{2}$ Uhr ziemlich übereinstimmend war, von da ab aber im entgegengesetzten Sinne erfolgte.

Sehr sorgfältige Beobachtungen wurden von der französischen Commission, welcher vom schwedischen Gouvernement Lelliehooke und Silvestrom beigegeben worden, noch weiter nördlich zu Bossekop (West-Finnark) angestellt. Becquerel berichtet über dieselben nach einem Beobachtungsjournale des Lieutenant Lottin. Die täglichen Variationen wurden mit den Apparaten von Gambey und Gauß beobachtet. Die Beobachtungen mit dem Gaußischen Apparate wurden vom Sept. 1838 bis zum April 1839 am letzten Sonnabende jedes Monates von 5 zu 5 Minuten von Mittag bis wieder Mittag angestellt; das Chronometer war auf die mittlere Zeit von Göttingen geregelt. Während dieser 24 Stunden verfolgte man

gleichzeitig die Nadel von Gambey. Man wollte wiſſen, in welcher Beziehung d Variation der Declination zur Variation der Intenſität ſtehe, und welche B ziehung zwiſchen der Richtung und Schwingungsweite der Störungen obwal welche die magnetiſchen Kräfte bei Nordlichtern erleiden. Die beiden Declina rien befanden ſich in einer Entfernung von ungefähr 200 Meter von einand Die Curven der täglichen Variationen, welche durch die beiden verſchiedenen Appar erhalten wurden, haben eine ſo große Aehnlichkeit miteinander, daß man die Genau keit der erlangten Reſultate nicht bezweifeln kann. Die Buſſole der täglic Variationen wurde auch ohne Unterbrechung vom September 1838 bis zum Ap 1839 von 2 zu 2 Stunden beobachtet, und noch häufiger zur Zeit der Erſcheinu von Nordlichtern und um die Zeit der Maxima und Minima. So z. B. beobacht man vom 20. Sept. bis zum 9. Octob. von Viertelſtunde zu Viertelſtunde, e ſo vom 19. Dec. bis 8. Januar und endlich vom 16. März bis 5. April. Di drei Reihen von je 20 Tagen gaben Reſultate, aus denen ſich Folgendes ſchlie läßt. In der erſten Reihe findet man, daß die Nadel ziemlich ſtationär iſt v 11 h. *) Abends bis $7^1/_2$ h. Morgens. Dann beginnt ſie ſich weſtwärts zu be gen, bis ſie gegen $1^1/_2$ h. ihr Maximum der Ablenkung erlangt; dann geht rückwärts gen Oſt bis um 11 Uhr Abends, aber ſo, daß ſie niemals genau dieſe Stellung wie am Tage zuvor einnimmt. Die mittlere Weite dieſer Variation ungefähr 0^0 15′. Während dieſer Beobachtungsreihe gab es acht Nordlichter; der Berechnung der mittleren Weite wurden die Beobachtungen bei Seite geſe auf welche dieſe Nordlichter oder irgend welche andere Urſachen Einfluß ge hatten. Die mittlere Abweichung wurde 10^0 9′ NW. gefunden.

Während der zweiten Beobachtungsreihe, vom 18. Dec. bis 8. Jan., ſti die Sonne (wie während des Winters überall in den Polargegenden) nicht üb den Horizont und die Temperatur war bis auf — 24^0 C. heruntergegangen. wurden 16 Nordlichter beobachtet, welche im Gange der Nadel ſolche Störun verurſachten, daß man dem Gange der täglichen Variationen nicht zu folgen v mochte. Aufmerkſame Prüfung der Reſultate führt jedoch zu folgenden Anſicht Während der Nacht war die Nadel niemals ſtationär; von 1 Uhr Morgens Mittag wich das Nordende gen Weſt ab, aber die Weite des Bogens war ſchwach, daß man den Augenblick des Maximums nicht mit Genauigkeit beſtimm konnte. Von 3 Uhr Abends bis 1 Uhr Morgens ging die Nadel wieder oſtwärts; Maximum der Weite der Schwingungsbogen war 5 bis 6 Minuten ſtatt 15 Mi ten, wie bei der erſten Beobachtungsreihe. Die mittlere Abweichung war 1 15′ NW. Man hat die Bemerkung gemacht, daß die Ablenkungen der Nordſp der Nadel gegen Oſt häufiger in dieſer als in der erſten Beobachtungsreihe v kamen.

Während der dritten Beobachtungsreihe, vom 16. März bis 5. April, gab 14 Nordlichter, welche den Gang der Nadel faſt fortwährend ſtörten. Das M nimum der Abweichung trat zwiſchen 6 und 8 h. Morgens ein, das Maxim gegen $1^1/_2$ h. Abends. Die Weite der täglichen Variation war 15 bis 1 Dieſe Reſultate ſind denen der erſten Beobachtungsreihe analog und ſcheinen an deuten, daß die Rückkehr der Sonne einen Einfluß auf die Phänomene ausü

*) h bezeichnet hora Stunde, Uhr.

Die mittlere Abweichung war 10° 19′ NW., d. h. 10′ ſtärker als während des Zeitraums der erſten Reihe.

Dieſe Reſultate zeigen, daß während der Nacht die Nadel in den Polargegenden lebhafter bewegt iſt als in unſeren Gegenden, und daß die Weite der Schwingungen minder bedeutend iſt, als man anfangs vermuthete, indem ſie 15 bis 16′ nicht überſtieg, eine Weite, die in unſern Klimaten häufig übertroffen wird.

In den Philosoph. Transactions findet man zwei Reihen von Beobachtungen der täglichen Variationen in den Abweichungen der Nadel, die John Macdonald 1794 bis 1796 auf dem Fort Marlborough zu Sumatra und auf der Inſel St.-Helena angeſtellt hat. Dieſe Beobachtungen ſcheinen zu beweiſen: 1) daß die täglichen Variationen zwiſchen den Wendekreiſen bedeutend geringern Spielraum haben als in Europa, und 2) daß in denſelben Stunden, in denen auf der nördlichen Halbkugel das Nordende der Nadel gen Weſt ſich bewegt, die Bewegung auf der ſüdlichen Halbkugel im entgegengeſetzten Sinne erfolgt.

Die jüngeren Beobachtungen von Freycinet und Duperrey, von denen ſogleich die Rede ſein wird, beſtätigen die erſte dieſer Behauptungen, indem es richtig iſt, daß kein Verhältniß zwiſchen den Weiten der Nadel und der geogr. Breiten der Beobachtungsorte ſtattzufinden ſcheint. Die zweite Behauptung wird im Allgemeinen durch die Beobachtungen beſtätigt, welche bis jetzt in den gemäßigten Zonen und in einem Theile der heißen Zone gemacht wurden, aber man hat allen Grund anzunehmen, daß die Grenze der täglichen Variationen keineswegs mit dem Aequator, ja nicht einmal mit der Linie ohne Abweichung (dem magnetiſchen Aequator) zuſammenfällt. Zu dieſer Anſicht berechtigen die Beobachtungen, welche Duperrey zu Payta, Offak und auf der Inſel Conception gemacht hat, wohin er ſich während der Reiſe der Coquille zu dem obigen Zwecke begeben hatte, die Frage, um die es ſich handelt, zu prüfen. Capitän Freycinet hat auf der Reiſe der Urania die Variationen der Magnetnadel an ſechs Ankerplätzen, aber nur von Stunde zu Stunde beobachtet. In der folgenden Tabelle ſind die Mittel der an dieſen ſechs Stationen gemachten Beobachtungen zuſammengeſtellt.

Ort und Datum	Geographische Lage: Breite	Geographische Lage: Länge v. Paris	Variationen der Declinationsnadel von Stunde zu Stunde: 1 h. Morg.	2 h. Morg.	3 h. Morg.	4 h. Morg.	5 h. Morg.	6 h. Morg.	7 h. Morg.	8 h. Morg.	9 h. Morg.	10 h. Morg.	11 h. Morg.	Mittag	1 h. Ab.	2 h. Ab.	3 h. Ab.	4 h. Ab.	5 h. Ab.	6 h. Ab.	7 h. Ab.	8 h. Ab.	9 h. Ab.	10 h. Ab.	11 h. Ab.	Mitternacht
Ile de France Juni 1818 . .	20° 9′ S.	55° 40′ O.	6′,56	6′,39	6′,74	6′,85	7′,54	7′,39	7′,74	7′,74	6′,76	5′,64	5′,02	5′,05	5′,64	6′,83	7′,58	7′,47	6′,60	6′,30	6′,60	6′,24	6′,10	6′,47	5′,83	6′,29
Coupang, Insel Timor, October 1818 . . .	10 10 S.	121 15 O.	16,52	16,72	16,40	15,75	16,12	16,78	18,85	20,20	19,86	18,74	17,55	15,57	13,62	13,42	13,52	14,33	14,82	14,95	15,30	15,65	15,65	15,84	16,77	16,20
Insel Rawak, Insel Waigiou Dec. 1818 . .	0 1 S.	128 35 O.	16,82	16,92	16,75	16,57	16,42	15,67	15,42	15,95	16,45	16,67	16,97	17,53	17,83	18,33	18,27	18,00	17,93	17,65	17,52	17,95	18,35	18,07	17,45	16,95
Guam zu Agagna, Marianen, Mai 1819.	13 29 N.	142 28 O.	15,98	16,02	15,88	15,88	15,92	15,63	15,90	16,35	16,87	17,47	17,85	17,75	17,54	17,10	16,96	16,17	15,72	16,10	16,28	16,33	16,47	16,30	16,23	16,12
Mowi, Sandwich-Inseln, Aug. 1819 . .	20 52 N.	159 0 W.	15,63	16,93	16,50	16,35	15,83	13,25	12,57	13,50	15,93	20,07	21,85	21,97	23,15	18,67	18,00	18,17	17,60	18,10	19,75	18,13	17,40	16,47	17,17	16,60
Port-Jackson in Neu-Holland Dec. 1819 . .	33 53 S.	148 30 O.	24,20	24,05	23,98	24,20	24,65	25,97	26,56	27,82	28,23	26,65	24,63	23,45	20,75	19,54	19,60	20,60	21,53	23,27	23,12	23,32	23,45	23,72	24,24	24,07

Duperrey war während seiner Reise auf der Coquille mit einer ausgezeichneten Bussole von Gambey versehen, welche ihm vom Längen-Bureau anvertraut worden war. Diese Bussole (vgl. d. Art. Declinatorium) stand fest auf einer Steintafel von 0m,03 Dicke. Das Mikroskop befand sich über dem Nordende der Nadel, die Theilung wurde mit ihm zugleich fortgerückt. Der Vernier war unbeweglich und saß am Gestelle des Instrumentes fest. Die Theilungen der beweglichen Zunge gingen kreuzweis von links nach rechts, d. h. sie nahmen zu, wenn das Nordende der Nadel nach Osten sich bewegte. Diese Theilungen, welche mit Hülfe des Vernier Hundertel Millimeter ausdrückten, waren auf Theile des Grades eines Kreises reducirt, dessen Halbmesser der halben Länge der Nadel, die 250 mm betrug, gleich war. Die Nadel war an ungedrehten Seidenfäden aufgehängt und trug auf ihrem Nordende ein Plättchen von Elfenbein, auf welchem sich die Richtlinie befand, die man mit dem Mikroskop verfolgte. Die Bewegungen dieser Nadel wurden sorgfältig von 15 zu 15 Min. und mehrere Tage hinter einander notirt. Nimmt man auf die Bewegung der Nadel nach Mittag keine Rücksicht, so erhält man aus diesen Beobachtungen folgende Resultate:

Vom 11. bis 18. März 1823. — Zu Payta, welches südlich vom wahren Aequator und 2° nördlich vom magnetischen Aequator liegt, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Westen von 8 h. Morgens bis Mittag und der durchlaufene Bogen betrug 1′ 0″; die Sonne ging 3° nördlich von dem Beobachtungsorte durch den Meridian.

Vom 6. bis 10. September 1823. — Zu Offak (Insel Waigiou), unter dem wahren Aequator und 6° 52′ südlich vom magnetischen Aequator, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Westen von 7 h. bis $11\frac{1}{2}$ h. Morgens, und der durchlaufene Bogen betrug 4′ 25″ in dieser Richtung; die Sonne ging 6° 20′ nördlich von dieser Station durch den Meridian.

Vom 17. bis 23. October 1824. — Auf Ile de France, südlich vom wahren Aequator und 33° 30′ südlich vom magnetischen Aequator, bewegte sich das Nordende der Magnetnadel westwärts von 7 h. bis $9\frac{1}{2}$ h. Morgens, gen Osten von $9\frac{1}{2}$ h. Morgens bis 2 h. Nachmittags, und von da an bis 6 h. Abends endlich wieder gen Westen. Der größte durchmessene Bogen betrug 6′ 5″ ostwärts; die Sonne ging 10° nördlich vom Beobachtungsorte durch den Meridian.

Vom 4. bis 11. Januar 1825. — Auf der Insel St.-Helena, welche südlich vom wahren Aequator und 7° 40′ südlich vom magnetischen Aequator liegt, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Osten von 7 h. Morgens bis Mittag und der durchlaufene Bogen betrug 7′ 10″ in dieser Richtung; die Sonne ging 6° 25′ südlich vom Beobachtungsorte durch den Meridian.

Vom 19. bis 23. Januar 1825. — Auf der Insel Ascenston, welche südlich vom wahren Aequator und 1° nördlich vom magnetischen Aequator liegt, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Osten von 7 Uhr Morgens bis Mittag und der durchlaufene Bogen betrug 4′ 4″ in dieser Richtung; die Sonne ging 12° südlich vom Beobachtungsorte durch den Meridian.

Die angegebenen Thatsachen deuten alle darauf hin, daß die Variationen der Magnetnadel, sowohl die jährlichen, als die täglichen, der Wirkung der Sonnenwärme zuzuschreiben seien; denn es hat sich gezeigt, daß es, was die jährlichen Variationen betrifft, in Europa ein Maximum der Abweichung giebt in der Nähe des Winter-Solstitiums und ein Minimum derselben in der Nähe des Sommer-

Solstitiums, und daß die Nadel in unsern Klimaten während der Nacht stationär ist und nicht eher sich in Bewegung zu setzen beginnt, vorausgesetzt, daß ihr Nordende westwärts gerichtet ist, als wenn die Sonne über den Horizont sich erhebt.

Duperrey sagt, wenn die Sonne sich erhebt, so erwärmt sie nach und nach alle Punkte des Horizonts im Osten des Beobachtungsortes; die magnetische Intensität vermindert sich in dem Maße, in welchem die Wärme sich vermehrt; die Folge ist, daß die isodynamische Linie, welche durch diesen Ort geht, sich beugt, indem sie sich vom Aequator entfernt, und sich gen Norden oder Süden erhebt, je nachdem der Beobachtungsort auf der nördlichen oder südlichen magnetischen Hemisphäre liegt. Die Magnetnadel, welche stets senkrecht gegen diese Linie gerichtet ist, folgt dieser Bewegung und die Nordspitze derselben bewegt sich daher auf der nördlichen Hemisphäre gen West und auf der südlichen Hemisphäre gen Ost. Wenn die Sonne durch den Meridian gegangen ist, so erkaltet der Horizont im Osten und erwärmt sich im Westen. Die isodynamische Linie verändert abermal ihre Lage, geht in ihre frühere Lage zurück und geht im entgegengesetzten Sinn über sie hinaus. Die Nadel folgt dieser Bewegung und richtet ihre Nordspitze auf der nördlichen Hemisphäre ostwärts, auf der südlichen westwärts. Befindet sich der Beobachtungsort unter dem Aequator oder in geringer Entfernung von demselben, so bewegt sich die Nordspitze der Nadel allmorgentlich westwärts oder ostwärts, je nachdem die Sonne südlich oder nördlich von dem Beobachtungsort durch den Meridian geht. Diese Erscheinung stimmt mit dem angegebenen Princip überein; denn da der magnetische Aequator die Linie ist, welche durch diejenigen Punkte aller Meridiane geht, in denen die magnetischen Intensitäten am kleinsten sind, so muß er nothwendig alle Tage seine Lage verändern, indem er sich gegen den Parallelkreis zu erhebt, durch welchen die Sonne an diesem Tage sich bewegt. Duperrey hat seine Theorie auf alle bisher bekannten Beobachtungen zu stützen gesucht und leitet daraus ab, daß die Südhälfte der Erde um ungefähr einen Grad kälter als die Nordhälfte derselben sei.

Außer den regelmäßigen Variationen der Richtung der Magnetnadel giebt es noch unregelmäßige Schwankungen derselben. Besonders die Polarlichter bewirken solche plötzliche Störungen der Abweichung, und zwar nicht blos an den Orten, wo sie gesehen werden, sondern auch in Gegenden, welche selbst entfernt von dem Orte ihres Auftretens sind. Es giebt aber auch noch andere Naturerscheinungen, welche die Richtung der Declinationsnadel irritiren, z. B. die vulkanischen Ausbrüche und die Erdbeben. So beobachtete de la Torre während eines Ausbruchs des Vesuv Veränderungen der Abweichung von mehreren Graden.

Becquerel giebt folgende Zusammenstellungen von Polarlichterscheinungen, welche mit Störungen der Declinationsnadel, zum Theil an sehr weit entfernten Orten, verknüpft waren, auf Grund der Mittheilungen der Annales de Chimie.

Den 29. April 1826 erblickte man zu Carlisle und in Roxburyshire einen leuchtenden Bogen, der von einem Nordlichte herrührte *). An demselben Tage war zu Paris um 7 h. 50′ Abends die Nordspitze der Nadel der täglichen Variationen 4′ ostwärts von ihrer gewöhnlichen Stellung abgewichen; um $8^1/_2$ h

*) Ann. de Chim. T. XXXIII. p. 621.

hatte sie sich durch eine schnelle Bewegung wieder der westlichen Stellung genähert, um $11\frac{1}{2}$ h. hatte sie bis auf etwa eine halbe Minute wieder ihre erste Stellung eingenommen.

Dalton schrieb am 22. Nov. an Arago: „Man hat im nördlichen England und Schottland den 29. April 1826 zwischen 8 und 10 Uhr Abends ein sehr bemerkliches Nordlicht beobachtet. Es hatte die Gestalt eines Regenbogens und umfaßte im Firmament den Raum zwischen dem magnetischen Osten und Westen. Dieser Bogen blieb beinahe eine Stunde lang fast ganz unverrückt, wenigstens war seine Bewegung in der Richtung von Nord nach Süd ganz unmerklich *)."

Den 9. Januar 1827 sah Marshal zu Kendal in England ein brillantes Nordlicht **). An demselben Tage war der Gang der Declinationsnadel zu Paris sehr unruhig. Schon um 2 Uhr Nachmittags war die Nordspitze derselben um $4\frac{1}{2}$ Min. westlicher als gewöhnlich; die Abweichung erhielt sich in demselben Sinne bis $7\frac{1}{2}$ Uhr; aber um 11 h. 5′ war die Abweichung im Gegentheile um $3\frac{1}{2}$′ kleiner als an den vorhergehenden Tagen. Auch die Inclinationsnadel war unregelmäßigen Schwankungen unterworfen.

Den 27. Aug. Abends bemerkte man zu Perth im nördlichen Schottland ein Nordlicht. Die Lichtschüsse waren sehr schnell, sie bedeckten einen Augenblick fast den ganzen Himmel. In Paris fand Arago an demselben Tage um 1 h. 6′ die Nordspitze der Magnetnadel um 10′ weiter westlich gerückt, als bei ihrer gewöhnlichen Stellung, sie erlitt überdies unregelmäßige Schwankungen. Abends dagegen um $9\frac{1}{2}$ h. war die Abweichung um ungefähr 8 Minuten kleiner als zu derselben Zeit an den vorhergehenden Tagen; der Himmel war stark bewölkt ***).

Nordlicht am hellen Tage †). Der Morgen des 9. Sept. 1827 war stürmisch, der Wind blies aus Nordost; kurz vor Mittag wendete sich der Wind nach West, im Nordwest zerstreute sich das Gewölk und der erhellte Theil des Himmels nahm die Gestalt eines vollkommen scharf begrenzten Kreissegments an, welches sich allmälig bis zu 20° Höhe erhob. Außerhalb desselben blieb der Himmel bewölkt. In der kreisförmig begrenzten blauen Zone bemerkte man von Zeit zu Zeit Schüsse eines schwachen weißlichen Lichtes. Abends zwischen 9 und 10 Uhr sah man ein sehr glänzendes Nordlicht. An demselben Tage war die Nadel der täglichen Variationen zu Paris sehr merklich gestört, Morgens und Abends und ebenso Nachmittags. Zwischen 1 h. 30′ und 2 h. z. B. verminderte sich die Abweichung um fast 7′; um $6\frac{1}{4}$ h. war sie ungefähr 12′ kleiner als gewöhnlich.

Den 30. Sept. 1828 hat Burney zu Plymouth ein Nordlicht beobachtet; die Abweichungsnadel war den ganzen Tag über stark gestört. Um $8\frac{3}{4}$ h. Morgens übertraf die Abweichung die des vorhergehenden und der folgenden Tage um mehr als 21′ ††).

Den 1. Dec. desselben Jahres Abends 6 h. wurde von Blackwall zu Manchester ein Nordlicht beobachtet. An demselben Tage erlitt die Declinationsnadel zu

*) Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 404.
**) Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 405.
***) Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 408.
†) Journ. de l'Institution roy. Janv. 1828. p. 489.
††) Ann. de Chim. T. XXXIX. p. 419.

Paris merkliche Störungen. Des Morgens war die Abweichung größer, Abends dagegen kleiner, als gewöhnlich; um 11 h. 28′ betrug die Störung über 22′.

Am 26. Sept. 1828 wurde zu Albany, Auburn, Lowville, Clinton ꝛc. ein Nordlicht gesehen. An demselben Tage Abends 10 h. war die Abweichung der Nadel zu Paris um 9′ kleiner als gewöhnlich *).

Farquharson beobachtete zu Aberdeenshire (Vereinigte Staaten v. N.-A.) im Jahr 1829 mehrere Nordlichter am 6., 11. und 25. Oct., am 17., 18 und 19. Nov., am 14. Dec. Selten, sagt Arago, war die Nadel so häufig und stark gestört als während der drei letzten Monate des Jahres 1829. An folgen den Tagen nämlich waren die Störungen so bedeutend, daß man sie als Wirkunge von Nordlichtern betrachten muß:

im October am 4., 9., 10., 11., 12., 21., 22., 24., 25. und 30.;
im November am 10., 13., 14., 16., 17., 18., 19., 24. und 26.;
im December am 7., 14., 19., 20., 21. und 23.

Im Jahre 1830 kamen folgende hierher gehörige Fälle vor **):

25. Jan. 1830. Aberdeenshire. Eine Reihenfolge von Nordlichtsbogen, welch sich wenig erhoben; von Zeit zu Zeit glänzende Schüsse. Zu Paris war die Nadel u 1 h. Nachmittags ungefähr 3′ westlich von ihrer gewöhnlichen Stellung. Abends u 9 h. wich die Nadel im entgegengesetzten Sinne oder gegen Osten, jedoch nur u $1^1/_2$′ ab. Farquharson zu Aberdeenshire beobachtete keine Störung d Nadel, stellte aber seine Beobachtungen wahrscheinlich nur des Abends an.

28. Jan. 1830. Kendal (England). Sehr glänzendes Nordlicht. Stan der Nadel zu Paris:

um	6 h. 15′	Abends	Ablenkung	westlich	fast 8′;
"	8 h. 25′	"	"	östlich	4′;
"	8 h. 27′	"	"	"	fast 10′;
"	8 h. 30′	"	"	"	über 12′;
"	8 h. 35′	"	"	"	fast 10′;
"	8 h. 37′	"	"	"	" 9′;
"	8 h. 45′	"	"	"	" 4′;
"	8 h. 52′	gewöhnlicher Stand.			

Zu Alford (Aberdeenshire) zeigte die Nadel Farquharson's
um 8 h. die gewöhnliche Stellung;
" 8 h. 30′ eine östliche Ablenkung um 21′ 30″;
" 9 h. 55′ Oscillationen in einer Ausbreitung von 30′.

19. Febr. Kendal. Glänzendes Nordlicht, aber ohne Strahlenschüsse. Paris: heftige Störung der Nadel von Morgens bis 3 h. und östliche Ablenk Abends um $9^3/_4$ h.

18. März. Manchester. Lebhaftes und hohes Nordlicht; zu Paris: 6 h. 40′ Abends östliche Ablenkung der Nadel aus ihrer gewöhnlichen Richt um mehr als 17′.

24. März 1830. Aberdeenshire. Sehr glänzendes Nordlicht. Zu Pa erlitt die Nadel keine Ablenkung, weder des Morgens noch des Abends. Nadel Farquharson's dagegen wurde bedeutend irritirt:

---

*) Ann. de Chim. T. XLII. p. 353.
**) Ann. de Chim. T. XLV. p. 409.

um 9 h. 5′ um 32′ gen West;
gegen 9 h. 10′ um 25′ gen Ost;
gegen 9 h. 15′ um 34′ gen West.

19. April. Mancheſter. Sehr glänzendes Nordlicht von 9 h. Abends bis Mitternacht. Zu Paris nur um 1 h. Nachmittags die Nadel um 3′ weſtlicher als gewöhnlich, um 10 h. 40′ Abends wich dagegen die Nadel oſtwärts um mehr als 12′ ab. Der Himmel war heiter, aber man nahm von dem Nordlichte nichts wahr.

5. Mai. Petersburg. Zu Paris große Verwirrung der Magnetnadel während des ganzen Abends.

Um 8 h.	5′ (wahre Zeit)	mehr als	7′	gen	Oſt
= 9 h.	10′		5	=	=
= 10 h.	10′		5	=	=
= 10 h.	45′		17	=	=
= 10 h.	50′	über	9	=	=
= 11 h.	0′	über	9	=	=
= 11 h.	10′		11	=	=
= 11 h.	30′		17	=	Weſt
= 11 h.	40′		8	=	Oſt
= 11 h.	45′		13	=	=
= 11 h.	52′	über	14	=	=
= Mitternacht	. . . .	über	14	=	=

Den anderen Tag war die Nadel geſtört, aber mit weſtlicher Ablenkung, um 9¼ h. ungefähr um 9′. Am Abend des 5. erlitt auch die Neigungsnadel in Folge auf Augenblicke Variationen von 3 bis 4′. Zu Petersburg zeigte die Nadel Kuppfer's große Unruhe in der Nacht vom 5. zum 6. Mai. Doch ſcheint der Gang derſelben mit dem der Nadel zu Paris nicht übereinſtimmend geweſen zu ſein.

16. October. Gosport. Langer Lichtſchuß. Zu Paris: ſtarke öſtliche Ablenkung der Nadel um 6 h. 50′ Abends; heiterer Himmel, aber man ſah keine Spur eines Nordlichtes.

17. Octob. Nordlicht, das keine aufſteigende Säule hervorbrachte. Zu Paris zwiſchen 7¾ h. und 9 h. 39′ hielt ſich die Nadel ununterbrochen in einer Ablenkung öſtlich von ihrer gewöhnlichen. Der Himmel war heiter, aber man ſah keine Spur eines Nordlichtes.

1. Nov. Ebend. Sehr glänzendes Nordlicht, ſehr ſichtbare Lichtſchüſſe, trotz des Mondſcheines. Zu Paris: um 9 h. Abends war die Nadel ungefähr 8′ öſtlich von ihrer gewöhnlichen Richtung.

4. Nov. Ebend. Nordlicht, ſichtbar von 7 h. Abends an. Die Lichtſchüſſe bilden ſich erſt um 8 h. und ſteigen bis zu 22° Höhe. Das Phänomen verſchwindet um 9 h. Zu Paris erfuhr die Nadel um 1 h. Nachmittags eine unbedeutende Ablenkung gen Weſten. Um 7 h. 40′ begann öſtliche Ablenkung. Um 7 h. 55′ war dieſe Störung anſehnlich; ſie beſtand noch um 10 h. 15′.

17. Dec. Ebend. Glänzendes Nordlicht; Lichtſchüſſe von nahebei 30° Höhe. Zu Paris um 8 h. Abends war die Nadel öſtlicher als gewöhnlich.

12. Dec. Ebend. Schwaches Nordlicht. Zu Paris war die Nadel um 6½ Abends bedeutend oſtwärts aus ihrer gewöhnlichen Stellung abgelenkt. Den folgen Tag um 8 h. Morgens war die Ablenkung auch ſehr merklich, aber weſt

Farquharſon glaubt die Bemerkung gemacht zu haben, daß die Störung Magnetnadel ſich nicht eher zeigt, als zu der Zeit, wo in ihrer aufſteigenden wegung die leuchtenden Theile des Nordlichtes die Ebene erreichen, welche dem magnetiſchen Meridian ſenkrecht ſteht und durch die Neigungsnadel geht; Arago meint, dieſe Annahme ſei auf unſere Klimate nicht anwendbar. In That hat auch faſt ſtets ein Nordlicht, welches bei ſeiner Erſcheinung Abends Nordſpitze der Nadel oſtwärts ablenken wird, ſchon des Morgens eine Störung ſelben im entgegengeſetzten Sinne bewirkt. Man wird überdies, fügt Ar hinzu, die Bemerkung machen, daß es vorkommt, daß das Nordlicht zu Paris merkbar macht, wenn es ſich auch nicht über den Horizont erhebt.

Zu Boſſekop, im nördlichſten Theile von Europa, da wo die Nordlichter ihrem vollen Glanze erſcheinen, hat man die Bemerkung gemacht, daß, wenn Nordlichter nur noch unvollkommen ausgebildet ſind, die Störung der Mag nadel nur ſchwach, oft gar nicht vorhanden iſt; aber ſobald die ſtrahlenden Bo oder die einzelnen Strahlenbündel lebhaft und gefärbt werden, ſo macht ſich Wirkung auf die Magnetnadel 1 bis 3′ nach ihrer Erſcheinung merkbar, und d iſt es ſchwer, den großen Oscillationen der Nadel zu folgen, welche oft meh Grade umfaſſen. Die größten Ablenkungen der Nadel zeigen ſich, wenn die N lichtskrone, gebildet von Strahlen, welche im magnetiſchen Zenith zuſamm ſtoßen, den Glanz der Sterne erſter Größe ſchwinden macht und das Phänomen i größte Pracht entwickelt. Die Mitglieder der oben erwähnten franz. wiſſenſch lichen Commiſſion haben bemerkt, daß zuweilen die Nadel vollkommen ruhig bi bis zu dem Moment, wo das Nordlicht erſcheint, und ſogar noch eine Zeitla wenn das Phänomen bereits über den Horizont geſtiegen iſt. Oft auch ko es vor, daß die Nadel das Nordlicht man kann ſagen vorausverkündigt durch anomale Bewegung nach Weſten im Verlaufe des Tages. Im Allgemeinen i die Abweichung größer vor dem Nordlichte und ſogar oft bis dahin, wo das P nomen einen gewiſſen Grad der Intenſität erlangt hat; dann beginnen die gr Oscillationen, worauf ſich die Nadel ſehr regelmäßig oſtwärts bewegt; ſie über ihre normale Stellung hinaus und kehrt zu dieſer erſt einige Stunden ſp zurück, wenn nicht ein neues Nordlicht aufs neue ihren Gang ſtört. Lo bemerkt, daß dieſe Regeln nicht ohne Ausnahmen ſind; jedenfalls iſt ſoviel g daß die Nordlichter nicht nur in den Gegenden, in denen ſie ſichtbar ſind, ſo auch in fernen Gegenden, in denen ſie nicht geſehen werden, einen mächtigen fluß auf die Magnetnadel ausüben.

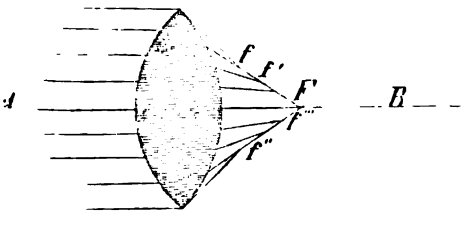
In der vorhergehenden Abhandlung über die Abweichung der Magnetna ſind vorzugsweiſe ſolche Beobachtungen zu Grunde gelegt worden, welche mit von Declinatorien angeſtellt worden ſind. Die Lehre vom Erdmagnetismus, alſo auch von der Abweichung der Magnetnadel, hat aber die großartigſten E terungen gefunden, ſeitdem durch Gauß und Weber neue Methoden der Be tung aufgeſtellt worden, von denen und von deren Reſultaten in den A

*) Nach Becquerel traité de l'électricité et du magnétisme. Tom. VII. p. 206 f

Magnetometer und Magnetismus der Erde die Rede sein wird. Die Literatur s. unter Magnetismus der Erde.

Abweichung (optische) oder Abirrung des Lichtes bei Gläsern und Spiegeln (lat. aberratio lentium et speculorum; franz. aberration des verres et des miroirs; engl. aberration) nennt man in der Dioptrik und Katoptrik einen gewissen Uebelstand, der darin besteht, daß die von einem Punkte ausgegangenen Lichtstrahlen nach der Brechung durch Linsengläser oder nach der Zurückwerfung von Hohlspiegeln nicht wieder genau in einem Punkte vereinigt werden. Diese Abweichung ist aber von doppelter Art: eine Abweichung wegen der Kugelgestalt der Gläser und Spiegel, und eine Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Farbenstrahlen bei Gläsern.

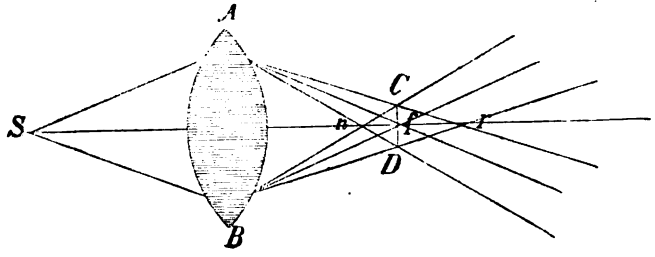
A) Die Abweichung wegen der Kugelgestalt oder sphärische Abweichung (von dem griech. σφαῖρα, Kugel) entsteht dadurch, daß die in und zunächst bei der Mitte eines Linsenglases einfallenden Strahlen zwar nach der Brechung wieder in einem Punkte vereinigt werden, daß aber die mehr nach dem Rande des Glases zu auffallenden Strahlen nach der Brechung um so weiter hinter jenem Punkte vorbeigehen, sich also desto später vereinigen, je entfernter von der Mitte des Glases die Strahlen auf das Glas aufgefallen waren. Wir wollen dies durch eine Zeichnung erläutern. Auf die Linse L fallen mehrere Strahlen, welche gebrochen werden, indem sie in die Linse eindringen; schneiden die der Axe AB nächsten dieselbe in F, so werden die anderen mehr abweichenden einander in f', f, f''', f'' schneiden. Alle diese Durchschnittspunkte werden zusammen zu beiden Seiten der Axe eine krumme Linie ff' Ff''' f'' bilden, welche man Brennlinie nennt. Gegen diese Abweichung geben nur die wenig von der Axe abstehenden Strahlen hinter der Linse ein deutliches Bild des leuchtenden Punktes. Man kann indeß dieselbe nach Herschel dem Jüngeren *) durch Aneinanderstellung zweier Linsen von bestimmten Krümmungen gänzlich aufheben, und bei einzelnen Gläsern läßt sie sich wenigstens außerordentlich verringern. Bei einer gleichseitigen Linse ist die Abweichung größer als bei einer ungleichseitigen, bei dieser größer, wenn die weniger gekrümmte Seite gegen das Object gekehrt ist, als wenn das Gegentheil stattfindet; bei einer Converplanlinse oder bei einer Concavplanlinse, deren Planseite gegen das Auge gewendet wird, ist die Abweichung fast die möglich geringste. Immer aber muß wegen dieser Abweichung das einfache Objectivglas eines Fernrohrs eine Bedeckung seiner Randgegend erhalten, damit verhältnißmäßig nur geringe Undeutlichkeit des Sehens entsteht. — Bei Hohlspiegeln läßt sich die Größe der Abweichung bestimmen, indem man die Lage des reflectirten Strahls für den gegen den Rand des Spiegels hin auffallenden Strahl berechnet. Die Entfernung des Einschnittes jenes Randstrahls in die Axe heißt die Abweichung nach der Länge, die Distanz dieses Randstrahls aber, seitwärts jenes Bildes,



*) Philos. Transact. for 1821. p. 296.

von der Axe die Seitenabweichung. Hat ein Hohlſpiegel keinen zu großen Durchmeſſer, ſo iſt die Abweichung nach der Länge dem Quadrate und die Seitenabweichung der dritten Potenz des den Spiegeldurchmeſſer ausdrückenden Bogen proportional. Deshalb dürfen die ſphäriſchen Hohlſpiegel der Spiegelteleſkop verhältnißmäßig nur geringe Oeffnungen erhalten; paraboliſche Spiegel haben eine weit geringere Abweichung und vertragen daher größere Oeffnungen.

B) Die Abweichung wegen der Brechbarkeit, chromatiſche Abweichung (v. d. griech. χρῶμα, Farbe). Die Brechbarkeit des Lichtes hängt mit ſeiner Eigenſchaft, die Empfindung einer beſtimmten Farbe zu erregen innig zuſammen, deswegen tritt bei jeder Brechung auch eine Farbenzerſtreuung ein. Wo ein Lichtſtrahl von ſeiner Bahn bedeutend abgelenkt wird, da iſt der Einfluß dieſer Zerſtreuung auf die Deutlichkeit und Färbung des Bildes ſehr groß. Es ſei S ein leuchtender Punkt, der weißes Licht auf die Sammellinſe AB ſendet.



Dieſes Licht wird bei der Brechung zerſtreut. Die brechbarſten Strahlen werden ſich in n, die von mittlerer Brechbarkeit in f, die am wenigſten brechbaren in r, ſo daß alle zuſammen, abgeſehen von der Abweichung wegen der Geſtalt des Glaſes, ſich nicht mehr in einem Punkte vereinigen, ſondern bei ihrer größten Vereinigung innerhalb eines Kreiſes vom Durchmeſſer CD liegen, den man Abweichungskreis nennt. Stellt man ein dünnes Plättchen mit einer feinen runden Oeffnung nahe an den Brennpunkt einer Sammellinſe, die in einem verfinſterten Zimmer einen eindringenden Lichtkegel auffängt, ſo werden einige der farbigen Strahlen aufgehalten, während die anderen durch die Oeffnung gehen und auf einer Tafal aufgefangen ein ſchönes Farbenſpiel gewähren. Dieſe Erſcheinung wird noch ſchöner, wenn man ſtatt der runden Oeffnung eine ringförmige nimmt. Die chromatiſche Abweichung iſt bei gewöhnlichen Linſen in der Regel viel größer als die ſphäriſche, und ſie würde den Bildern alle Deutlichkeit nehmen, wenn nicht das Licht am Mittelpunkte f des Abweichungskreiſes am ſtärkſten wäre und nach dem Umfange zu mehr und mehr abnähme. Nach dem Obigen hat eine convex-convexe Linſe mit den Halbmeſſern R und r ihrer Oberflächen für verſchiedene Farbenſtrahlen verſchiedene Brennpunkte. Wenn daher das Brechungsverhältniß, f die Brennweite der gedachten Linſe bezeichnet, ſo iſt

$$f = \frac{m\,R\,r}{(1-m)(R+r)}$$

für die von einem Punkte ausgehenden Strahlen und für einfarbige Strahlen denſelben Werth haben. Weil aber die Sonnenſtrahlen für die rothen, violetten, blauen ꝛc. Strahlen verſchiedene Vereinigungspunkte geben, ſo erhält man nirgends ein ganz reines Bild, ſondern jenen, oben Abweichungskreis genannten farbigen Kreis. — Dieſe Abweichung nun iſt, wie ei

einfache Rechnung leicht zeigen wird, weit bedeutender, als die aus der sphärischen Gestalt der Gläser entspringende, unter A) angeführte Abweichung. Sie ist die Ursache, warum in gemeinen Fernröhren, d. h. in denjenigen, welche bloß einfache Objective haben, die durch dieselben betrachteten Bilder der Gegenstände mehr oder weniger farbige (meistens rothe und blaue, auch gelbe) Ränder zeigen. Diese chromatische Abweichung nun läßt sich aber nur durch zusammengesetzte Objectivgläser (achromatische, aplanatische und dialytische Objective) fast ganz aufheben. — Man mißt übrigens die Größe der Undeutlichkeit, die von einer der beiden Arten der Abweichung entsteht, durch den Halbmesser desjenigen Kreises, in welchem sich die Strahlen vereinigen, die, wenn es keine Abweichung gäbe, in einem Punkte vereinigt sein würden. Dieser Halbmesser wird der Halbmesser der Undeutlichkeit genannt. Vgl. d. Art. Linse u. d. Art. Spiegel. J.

Abweichungskreis, s. Abweichung (astronomische, optische).

Accord, s. Schall.

Acetometer nennt man eine Vorrichtung, mittelst deren man den Säuregehalt des Essigs bestimmen kann. Man bedient sich hierzu gewöhnlich eine alkalischen Lösung, von welcher man so lange zusetzt, bis eine Lackmustinctur sich blau färbt, und berechnet dann aus dem bekannten Gehalte der Alkalilösung die Menge der verbundenen Säure. Man kann zur Neutralisation nach Belieben kohlensaures Kali oder Natron, oder mit Völker Kalkwasser, oder mit Otto (Lehrb. der Essigfabrikation 1840) Ammoniakflüssigkeit anwenden. E. W.

Achat oder Agat *), ein dem Geschlechte des Quarzes angehöriges Mineral, welches aus verschieden gefärbten, fest zusammengewachsenen, kieseligen, dem Quarz sehr nahe stehenden Steinmassen zusammengesetzt ist, namentlich aus Chalcedon, Feuerstein, Carneol, Jaspis, Amethyst und Quarz. Die Achate kommen meistens als Kugeln vor, welche die Blasenräume von Mandelsteinen ausfüllen, oder auf Gängen im Porphyr, Gneis ꝛc. Nach den verschiedenen Zeichnungen, welche er dem Auge darbietet, unterscheidet man verschiedene Arten von Achat, namentlich Bandachat, Trümmerachat, Festungs- oder Fortificationsachat, Röhrenachat, Landschaftsachat, Jaspachat. Der Achat nimmt vermöge seiner Härte eine schöne Politur an, wird deswegen häufig zu allerlei Schmuckſachen verarbeitet und ist dem Chemiker und Physiker dadurch besonders wichtig, weil aus diesem Material sehr häufig die zum Pulverisiren harter Körper benutzten Mörser verfertigt sind. Mac Culloch **) hat mitgetheilt, daß, wenn man den Achat mit Oel kocht und sodann in concentrirter Schwefelsäure erhitzt, einige Streifen sich schwarz, andere heller färben und andere unverändert bleiben; ein Verfahren, welches früher von den Steinschleifern als ein großes Geheimniß bewahrt wurde, ebenso wie die Kunst, den Achat mit sehr feinen weißen Linien zu verzieren; man überzieht, wenn man das Letztere bezweckt, den Stein mit einer Schicht kohlensauren Natrons und glüht ihn, wodurch sich an einigen Stellen ein weißes trübes Email bildet. Der den Achat und andere Gesteine färbende Stoff ist oft organischer Natur, weswegen der Stein beim Glühen zuweilen ganz oder zum Theil seine Farbe verliert und weiß wird (Gaultier de Claubry, Scherer, Rose, Wolff). E. W.

*) Der Name soll von dem Fundorte, dem Flusse Achates in Sicilien, herrühren.
**) Ann. de Ch. et de Ph. XIII. 110.

Achromatiſche Linſen, ſ. Linſen.

Acidimetrie pflegt man im Allgemeinen den Inbegriff der verſchiedenen Methoden zu nennen, welche man anwendet, um den Säuregehalt irgend einer Flüſſigkeit zu erfahren. Man erreicht dieſen Zweck, je nach den Umſtänden, durch Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes, des Siedpunktes, der Lichtbrechung oder, wie beim Acetometer (ſ. d. Art.) angegeben, durch genaue Neutraliſation der Flüſſigkeit mit einer alkaliſchen Löſung. Namentlich zum Behuf der Berechnung des Gehaltes aus dem ſpecifiſchen Gewichte hat man für mehrere der wichtigſten Säuren Tabellen entworfen, die jedoch eine große Genauigkeit des Reſultates ſelten geſtatten.

E. W.

Ackererde (Dammerde) iſt der Grund und Boden, in welchem die Pflanzen mittelſt ihrer Wurzeln befeſtigt ſind und aus welchem ſie einen weſentlichen Theil ihrer Nahrungsmittel in ſich aufnehmen. Wenngleich hier der Ort nicht iſt, ausführlich auf die Wirkungsart der verſchiedenen Bodenarten einzugehen, ſo halten wir es doch dem Zwecke dieſes Werkes für angemeſſen, in der Kürze über die Entſtehung der Ackererde einige Mittheilungen zu machen, an welche die Beſchreibung der phyſikaliſchen Eigenſchaften, ſowie eine kurze Anleitung zur chemiſchen Analyſe derſelben ſich wird anſchließen können.

1) Um überhaupt über die Beſchaffenheit und die Wirkungsweiſe eines Erdbodens, der die Entwickelung und das Gedeihen einer mannigfaltigen Pflanzenwelt geſtattet und befördert, ſich eine deutliche Vorſtellung zu machen, iſt es nothwendig die Bedingungen zu erforſchen, unter welchen der Boden ſich hat bilden, ſeine Beſtandtheile in ihren verſchiedenen Mengenverhältniſſen ſich haben vereinigen und in ihrer Vereinigung die phyſikaliſchen Eigenſchaften, die wir bei den Ackererden auftreten ſehen, annehmen können.

Alles Beſtehende, wenn es nicht als Organismus durch die Lebenskraft in ſich die Bedingungen für ſeine Exiſtenz als Individuum oder Gattung findet, in den zerſtörenden und auflöſenden chemiſchen wie mechaniſchen Einflüſſen der Atmoſphäre und des Waſſers unterworfen, die, in jeder Zeitſecunde thätig, auch die feſteſten und am meiſten der Zerſtörung widerſtrebenden Körper, wenngleich oft erſt im Verlaufe von Jahrtauſenden, entweder mechaniſch zu Staub zermalmen, oder chemiſch in einfachere Verbindungen auflöſen und die Elemente derſelben neue Vereinigungen einzugehen veranlaſſen. So ſind die feſten kryſtalliniſchen Geſteine, welche zu Anfang der Erdgeſchichte die alleinige feſte Maſſe der Erdrinde ausmachten, der Verwitterung anheimgefallen, mechaniſch und chemiſch verändert (ſiehe unter d. Artikel Berg, Verwitterung der Gebirgsarten), ihre Zerſtörungsproducte vom Waſſer fortgeführt und als ſecundäre Lager, oft in weiter Entfernung von ihrer Bildungsſtätte, wieder abgeſetzt worden, um in dieſem Zuſtande den Pflanzen die erſten Bedingungen ihres Fortkommens und Gedeihens darzubieten, einen Boden nämlich, in welchen die Wurzeln eindringen und wo ſie die zu ihrem Wachsthum nothwendigen Beſtandtheile der unorganiſchen Natur vorfinden und durch Vermittelung des atmoſphäriſchen Waſſers in ſich aufnehmen können, während zugleich der Boden eine hinreichende Lockerheit beſitzt um der in ihm enthaltenen Luft eine leichte Circulation und Erneuerung zu geſtatten, welches nöthig iſt, damit die die Pflanzen hauptſächlich ernährenden Stoffe das Ammoniak, das Waſſer und die Kohlenſäure, den einſaugenden Wurzeln der Vegetabilien zugänglich werden können.

Wir finden faſt in allen Hauptgebirgsarten von kryſtalliniſcher Structur dieſelben Beſtandtheile wieder; in dem Granit, dem Urfels aller irdiſchen Geſteine, dem Gneis, Syenit, Diorit, Dolerit, den Porphyren, Baſalten, Laven ꝛc., allenthalben iſt als Hauptbeſtandtheil eine mehr oder weniger vollkommene Feldſpathmiſchung vorhanden, deren Zerſetzungsproducte nebſt einigen anderen häufig in der Natur vorkommenden Mineralien, wie der Quarz, der Glimmer, Augit, die Hornblende ꝛc., durch ihre Zerſtörung zu allen den ungeheuren Ablagerungen von geſchichteten Felsmaſſen, die wir die Erdrinde zuſammenſetzen ſehen, das Material geliefert haben müſſen, während der Kalk, der gleichfalls eine Hauptrolle in der Entwickelungsgeſchichte unſerer Erde ſpielt, aus dem Innern derſelben durch Vermittelung des Waſſers oder plutoniſcher Geſteine an die Oberfläche getreten, hier im Zuſtande der Auflöſung von unzähligen thieriſchen Organismen abſorbirt und verarbeitet oder mechaniſch wieder abgeſetzt, und auf dieſe Weiſe im Verlaufe von Millionen von Jahren die Veranlaſſung zu mächtigen Formationen der Erdrinde geworden iſt. Die Hauptbeſtandtheile aller Ackererden ſind der Thon, welcher durch die chemiſche Zerſetzung des Feldſpaths entſtanden iſt, der Sand, gebildet durch mechaniſche Zerſtörung des Quarzes und kieſeliger Mineralien, und endlich der kohlenſaure Kalk, von der Verwitterung des feſten Kalkſteins herrührend; dieſe drei Beſtandtheile ſind es namentlich, welche in ihren gegenſeitigen Miſchungsverhältniſſen wie in der Beſchaffenheit ihrer äußern Geſtalt den Ackererden jene phyſikaliſchen Eigenſchaften verleihen, die auf das Wachsthum der Pflanzen ſo mächtig hemmend oder fördernd einwirken; während ebenfalls durch die Verwitterung jener Mineralien andere unorganiſche Beſtandtheile dem Boden zugeführt worden ſind, von denen ein Theil der auflöslichen, beſonders die Alkalien, einzelne Erden und die Kieſelſäure, von den Wurzeln der Pflanzen in verhältnißmäßiger Menge aufgenommen und in den Gewächſen ſelbſt aſſimilirt werden. Auch die Phosphorſäure, welche von allen Vegetabilien als unentbehrlicher Beſtandtheil verlangt wird, finden wir in der Ackererde als eine Folge des Phosphorgehaltes mancher der zerſtörten Gebirgsarten und Mineralien, wie namentlich des Apatits und des phosphorſauren Kalkes, der, wenn auch nicht in großer Menge auftretend, doch durch alle Formationen der Erdrinde ſehr verbreitet zu ſein ſcheint; und in gleicher Weiſe findet der Schwefelſäure-Gehalt der Pflanzenerde leicht ſeine Erklärung in der Thatſache, daß die in der Natur ſo häufig vorkommenden Schwefelmetalle, von denen hier beſonders das Schwefeleiſen oder der Schwefelkies in Betracht kommt, bei ihrer Oxydation an der Luft die Bildung von Schwefelſäure in beträchtlicher Menge veranlaſſen.

Die erſten Pflanzen, welche auf der Erdoberfläche ſich entwickelt haben, mußten den zu ihrem Wachsthum unentbehrlichen Kohlenſtoff und Stickſtoff aus den Beſtandtheilen der Atmoſphäre in ſich aufnehmen und durch das Mittel der Lebenskraft zur Bildung der mannigfaltigſten organiſchen Körper verwenden; denn die Subſtanz der ſogenannten Dammerde oder des Humus iſt erſt eine Folge des Pflanzenwachsthums, nicht eine Bedingung deſſelben, wenn dieſer Körper auch bei ſeinem Uebergang in aſſimilirbare Stoffe ein Hauptagens zur Beförderung der Vegetation wird. Es iſt alſo hier die Frage, — da die Gegenwart der Kohlenſäure, welche für die Pflanzen die alleinige oder doch die Hauptquelle des Kohlenſtoffs darbietet, als conſtanter Beſtandtheil der Atmoſphäre nachgewieſen und allgemein anerkannt iſt, — auf welche Weiſe der Stickſtoff oder vielmehr

dessen Verbindung mit Wasserstoff, das Ammoniak, den Pflanzen dargeboten wer den konnte, als noch keine organische, vegetabilische oder thierische, Materie vor handen war, durch deren Fäulniß und Verwesung Ammoniak sich bilden und de Pflanzen zugänglich werden konnte. Wir begegnen hier, hinsichtlich der Quelle des Ammoniaks, zwei sich gegenüberstehenden Ansichten, die beide von ausgezeich neten Chemikern vertreten werden, indem Liebig *) die Ansicht aufgestellt ha und vertheidigt, daß das Ammoniak ebenso wie die Kohlensäure einen constante Theil der Atmosphäre jetzt, wie in den frühesten Zeiten der Erdgeschichte bilde un daß dieses fertig gebildete Ammoniak allmälig von den Organismen aufgenomme und assimilirt worden sei und noch werde, um bei deren Absterben und Verw sung der Atmosphäre wieder zurückgegeben zu werden, während die von Kuhl mann **) und A. näher begründete und in neuerer Zeit namentlich von Mul der ***) vertretene Ansicht eine fortwährende Bildung von Ammoniak voraus setzt, allenthalben, wo der Stickstoff der Atmosphäre bei Gegenwart von poröse Körpern mit dem durch Zersetzung des Wassers sowohl als durch die Verwesun organischer Stoffe freiwerdenden Wasserstoffe in Berührung kommt. Die letztere Ansic scheint durch die mit aller Sorgfalt von Faraday †), Will ††) u. A. ausgeführ ten Versuche nicht bestätigt zu werden, wenn gleich, wie namentlich Kuhlman bei der Vermittelung des glühenden Platinschwammes gefunden hat, bei einzelne Processen, die jedoch in der Natur selbst wohl nur selten auftreten und nur geringe Bedeutung für die Vermehrung der Ammoniakmenge haben mögen, dieses Produ sich zu bilden im Stande zu sein scheint. Die Ammoniakbildung steht mit der Salpe tererzeugung in der Natur, namentlich in der hier betrachteten Ackererde, in nahe Verbindung, indem man nämlich in neuerer Zeit die zuerst von Kuhlman gemachte und von Liebig, Mulder u. A. bestätigte Beobachtung, daß de Salpetererzeugung stets die Ammoniakbildung vorausgehe und daß die Salpeter säure ein Oxydationsproduct des Ammoniaks sei, fast allgemein als richtig ane kannt hat.

Sobald Pflanzen auf irgend einem Boden sich entwickelt haben, muß dur deren Absterben und allmälige Verwesung eine mehr oder weniger schnell z Menge zunehmende organische Substanz in der Ackererde sich bilden; die organisc Materie oxydirt sich bei Gegenwart von atmosphärischer Luft, von Feuchtigkeit un einer hinreichend hohen Temperatur; ein Theil des Kohlenstoffs und des Wasse stoffs wird als Kohlensäure und Wasser ausgeschieden und der ursprüngli Körper, mag er dem vegetabilischen oder dem thierischen Reiche angehören, ge allmälig in eine Humussubstanz über, bei welcher Umwandlung nach Mulder zahlreichen Untersuchungen †††) wahrscheinlich zunächst die Ulminsäure entste durch deren stufenweise höhere Oxydation sodann Huminsäure, Geinsäure und Quellsäuren sich bilden, die alle in größerer oder geringerer Menge mit Alkali

*) Die organische Chemie, in ihrer Anwendung auf Agricultur ꝛc.

**) Liebig's Annalen der Chem. Bd. XXVII. S. 22 u. Bd. XXIX. S. 284 ff.

***) Journ. f. pr. Ch. Bd. XXXII. S. 344 — 351.

†) Quarterly Journ. of Science T. XIX. p. 16, und im Auszug J. f. pr. C Bd. XXVIII. S. 309.

††) Liebigs Ann. d. Ch. u. Pharm., Jan. 1843, u. im J. f. pr. Ch. XXVI S. 300 — 314.

†††) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXII. S. 321 — 344.

(namentlich Ammoniak), alkalischen Erden und Metalloxyden verbunden in der Ackererde aufzutreten pflegen, und bei einer sorgfältigen Untersuchung und Prüfung von Bodenarten, außer deren unorganischen Bestandtheilen und den physikalischen Eigenschaften, um so mehr eine sorgfältige Beachtung zu verdienen scheinen, da noch immer das unmittelbare Ernährungsvermögen der Humussäuren für die Pflanzen von namhaften Naturforschern lebhaft vertheidigt wird.

2) Die physikalischen Eigenschaften der Bodenarten, die den Grad der Fruchtbarkeit eines Ackerlandes so wesentlich bedingen, sind, bevor Schübler im Jahre 1817 seine vortrefflichen und ausführlichen Beobachtungen veröffentlichte, nicht der Gegenstand einer nur einigermaßen umfassenden Untersuchung gewesen, und außer den Versuchen Leslie's *), Davy's (Agriculturchemie) u. A. über das Vermögen der Erden, die Feuchtigkeit der Luft zu absorbiren, und den Beobachtungen Humboldt's **) über die Absorption des Sauerstoffs durch die Erden sind keine hierher gehörigen Untersuchungen mitgetheilt worden. Auch seit 1817 hat man die von Schübler betretene Bahn nur in einer sehr beschränkten Ausdehnung weiter verfolgt, so daß hier nur die Resultate der Beobachtungen Schübler's Erwähnung verdienen. Aus den Versuchen derselben über die, für die Ergiebigkeit des Bodens so wichtige, wasserhaltende Kraft ergiebt sich, daß Quarzsand diese im geringsten Grade besitzt, Kalksand bei gleicher Größe der Körner etwas mehr, Thonarten desto mehr, je reicher sie an Thon sind; daß ferner bei der kohlensauren Kalkerde die Form, ob sie fein gepulvert oder grobkörnig ist, einen großen Unterschied bedingt, daß Humus, besonders aber die Talkerde alle andern Bestandtheile der Ackererde hinsichtlich des Absorptionsvermögens übertrifft, da die letztere $4^1/_2$ mal ihr eigenes Gewicht Wasser anzieht. Auf der Festigkeit und Consistenz beruht die Benennung eines schweren oder leichten Bodens; diese Eigenschaften stehen mit der wasserhaltenden Kraft nicht in geradem Verhältniß, wie sich aus dem Verhalten des Humus und der feingepulverten Kalkerde ergiebt. Durch das Gefrieren der Erdarten vermöge des in ihnen enthaltenen Wassers werden dieselben bekanntlich aufgelockert; Schübler suchte den Grad der Auflockerung zu messen und fand z. B., daß die Cohäsion des lehmartigen Thons durch das Gefrieren von 68,8 bis 45,0, die der Hofwyler Erde von 330 bis 200 ꝛc. sich vermindert habe. Die Zähigkeit, mehr oder minder schnell auszutrocknen, welche zu der Benennung eines hitzigen oder kalten, trockenen oder nassen Bodens Veranlassung gegeben hat, hat auf die Vegetation denselben Einfluß, als die wasserhaltende Kraft, da von ihr die Dauer des jedesmaligen Feuchtigkeitsgrades bedingt; es geht aus den Versuchen hervor, daß Sand und Gyps den hitzigsten Boden bilden, daß Kalksand auch in dieser Hinsicht von pulverförmigem Kalke sich sehr verschieden verhält, daß reiner Humus naß und schwammig ist, daß aber Bittererde am längsten feucht bleibt. Die Versuche über das Austrocknen und die dadurch veranlaßte Volumenverminderung, welche Risse und Sprünge im Boden veranlaßt, wodurch oftmals die Wurzeln der Pflanzen zerrissen und entblößt

*) Gilb. Ann. Bd. XII. S. 114 — 122.
**) Gilb. Ann. Bd. I. S. 511 — 514.
***) Man vergl. dessen Abhandlungen in Schweigg. Journ. Bd. XXI. S. 189 ff. Bd. XXVII. S. 43 ff. und dessen Agriculturchemie, Bd. II. S. 57 — 94.

werden, zeigten, daß Humus die größte Volumenverminderung, nämlich um 1/3 erleide; ferner daß dieselbe mit der wasserhaltenden Kraft (wie z. B. der kohlen saure Kalk beweist) ebenso wenig als mit der Festigkeit und Consistenz in einem gleichförmigen Verhältnisse stehe; auf derselben Eigenschaft beruht auch das Zer fallen des Mergels an der freien Luft, indem seine Gemengtheile, Thon und feine Kalk, durch das Austrocknen eine verschiedene Volumenverminderung erleiden Der feine Kalk vermindert die Festigkeit und Consistenz des Bodens, während e zugleich starke wasserhaltende Kraft und Sauerstoffabsorption besitzt und auf Säu und Humus chemisch wirkt. Eine der wichtigsten Eigenschaften der fruchtbare Ackererde ist deren Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft zu absorbi ren; dieselbe ist nach Bouſſingault *) abhängig zum Theil von der Porosit der Erden, aber wahrscheinlich auch von dem größeren oder geringeren Gehalt derselben an zerfließlichen Salzen. Schübler bemerkte, daß Humus am meiste einsauge, selbst mehr als die Bittererde; reiner Quarzsand und Gypserde zeige nur eine höchst unbedeutende Absorption von Feuchtigkeit; sie bilden daher eine hitzigen unfruchtbaren Boden. Das Absorptionsvermögen gegen die Feuchtigke steht weder immer im directen Verhältniß mit der wasserhaltenden Kraft, noch i umgekehrten mit der Fähigkeit auszutrocknen. — Schübler bestätigte ferner d von Humboldt schon mitgetheilte, von Andern aber als unrichtig bestritte Beobachtung, daß die einfachen Erden und deren Gemenge die Fähigkeit beſitze den Sauerstoff aus der Luft zu absorbiren; er fand, daß Wärme un Feuchtigkeit vorzüglich diese Absorption begünstigen, sieht eben hierin ein Hauptbedingung der Fruchtbarkeit einer Ackererde und bemerkt, daß thonhaltig Boden im Allgemeinen auch deswegen zu den fruchtbarsten, Sandboden zu de unfruchtbarsten gehören, weil in Thonboden, welche die gehörige Lockerhei besitzen, die Sauerstoffgas-Absorption mit besonderer Leichtigkeit von Statten geh Hinsichtlich der wärmehaltenden Kraft (specifischen Wärme) der Erden also der Fähigkeit, bei gleicher Temperatur der Luft verschiedene Wärmemenge aufzunehmen und dieselben mehr oder weniger lange zurückzuhalten, bemerk Schübler, daß Sand diese Kraft im höchsten Grade besitze, Humus dag gen, wenn man dessen Volumen berücksichtigt, nur in geringem, dem G wichte nach aber in sehr hohem Maaße. Die wärmehaltende Kraft steht ziemli genau im Verhältniß des specifischen Gewichtes eines gewissen Volumens. D Erwärmung der Erden durch das Sonnenlicht oder die Eigenschaf durch den Einfluß der Sommerwärme eine mehr oder weniger hohe Temperatu anzunehmen, auf welcher Eigenschaft namentlich das schnellere oder langsame Austrocknen der Ackererde im Frühjahre beruht, ist nach Schübler abhäng von der Farbe der Erdoberfläche, von der chemischen Zusammensetzung der Er arten, von ihrem Feuchtigkeitsgrade und endlich von der Neigung des Winkel unter welchem die Sonnenstrahlen einfallen.

Die hier erwähnten physikalischen Eigenschaften der Erdarten sind nicht al von gleicher Wichtigkeit für die größere oder geringere Fruchtbarkeit des betreffe den Ackerbodens, und man kann nach Schübler bei Untersuchung einer Bo denart sich meistens auf die Betrachtung der Farbe desselben, des absoluten G wichtes im trockenen und nassen Zustande, der wasserhaltenden Kraft und d

*) Landwirthschaft, Th. I. S. 405.

Consistenz oder Festigkeit im trocknen Zustande beschränken, indem man aus den dadurch erhaltenen Resultaten meistens mit Wahrscheinlichkeit auf das Verhalten der Erden in anderer Hinsicht schließen kann. Ueber das Absorptionsvermögen der Erdarten gegen die Feuchtigkeit der Luft und deren zurückhaltende Kraft sind auch von Cadet de Gassicourt *) einige Versuche angestellt worden, indem derselbe glaubte, in der Untersuchung dieser Eigenschaft ein leicht und schnell anzuwendendes Mittel gefunden zu haben, „die Bestandtheile eines Ackerbodens ohne Hülfe chemischer Reagentien zu bestimmen **)."

3) Chemische Prüfung der Ackererde. Es ist hier nicht der Ort, eine ausführliche Beschreibung der qualitativen und quantitativen Analyse einer Bodenart mitzutheilen; wir wollen uns daher darauf beschränken, im Allgemeinen den Gang einer solchen Untersuchung anzudeuten, und werden nur hinsichtlich einiger der Gemengtheile uns eine größere Ausführlichkeit in der Angabe der zu ihrer Abscheidung üblichen Methoden hier erlauben. Eine Ackererde besteht in der Regel außer den unorganischen in ihr enthaltenen Körpern aus mehr oder weniger in Zersetzung begriffenen vegetabilischen oder thierischen Ueberresten, nebst einer je nach dem Zustande der Feuchtigkeit wechselnden Menge hygroskopischen Wassers, für dessen quantitative Bestimmung in dem Artikel Trocknen verschiedene Methoden angegeben werden sollen. In Betreff der organischen Ueberreste haben wir hier nur auf die Humussäuren im Allgemeinen, die sogenannte Humuskohle und die weniger zersetzten Pflanzenüberreste Rücksicht zu nehmen, indem wir hinsichtlich der Quellsalzsäure und der Quellsäure, die ebenfalls sehr häufig in der fruchtbaren Pflanzenerde aufzutreten scheinen, auf den chemischen Theil des Artikels Quelle verweisen. Die Menge der Humussäure findet man durch mehrstündiges Digeriren mit kohlensaurem Natron, Filtriren, Fällen der Flüssigkeit mittelst Chlorwasserstoffsäure, Abfiltriren der ausgeschiedenen Humussäure, Auswaschen und Trocknen derselben. Wird der Rückstand einige Stunden lang mit concentrirter Kalilauge gekocht und diese Operation je nach den Umständen mehrmals wiederholt, so wird die Humuskohle hierdurch in Humussäure verwandelt, in der Kalilauge aufgelöst und aus derselben, wie vorher mittelst Chlorwasserstoffsäure, wieder ausgefällt und wie oben verfahren. Die noch übrigen Pflanzenreste bestimmt man endlich auf die Weise, daß man den Rückstand von der vorigen Behandlung glüht, hierdurch alle organische Substanz verbrennt und den Verlust als Pflanzenreste berechnet; oder man glüht eine bestimmte Quantität der getrockneten Ackererde und berechnet aus dem Verluste, nach Abzug der vorher gefundenen Humussäure und Humuskohle, die Pflanzenüberreste. Die Menge der in einer Ackererde enthaltenen Kohlensäure findet man, wenn man eine gewogene Quantität derselben mit einer gewogenen Menge verdünnter Schwefelsäure in gelinder Wärme digerirt, durch den Verlust des ganzen Gemenges oder besser mit Hülfe einer der bei der Analyse der Mineralwasser (s. d. Art Quelle) beschriebenen Methoden; und den Stickstoff- oder Ammoniakgehalt durch Mengung

*) Gilb. Ann. LIX. 373 — 386.

**) In Betreff der Einzelheiten der von Cadet, Schübler, Humboldt u. A. ausgeführten Untersuchungen müssen wir auf die an den angeführten Orten mitgetheilten Originalabhandlungen oder auf eine ausführliche und übersichtliche Zusammenstellung derselben in Wolff's „Resultate der chemischen Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur und Pflanzen-Physiologie", Leipzig 1847, verwiesen.

mit gebranntem Kalke, Erhitzen und Hineinleiten des sich entwickelnden Ammoniaks in Salzsäure, oder besser nach der Methode von Will und Varrentrapp durch Glühen mit Natronkalk, wie in dem Art. Analyse mitgetheilt wird.

Um die unorganischen Bestandtheile einer Bodenart ihrer Qualität und Quantität nach kennen zu lernen, kann man den Rückstand nach dem Glühen und vollständigen Verbrennen aller organischen Substanz mit kohlensaurem Natron und eine andere Quantität zur Bestimmung der fixen Alkalien mit kohlensaurem Baryt zusammenschmelzen, auf die Weise, wie ebenfalls in dem Art. Analyse ausführlich besprochen wird. In der Regel verfährt man jedoch hierbei auf andere Weise und nimmt bei der Untersuchung Rücksicht auf den Grad der Auflöslichkeit der einzelnen Bestandtheile, da gerade dieser den größeren oder geringeren Werth derselben für das Wachsthum und die Ernährung der Pflanzen wesentlich bedingt. Man behandelt deswegen die getrocknete Ackererde nach einander mit verschiedenen Agentien und prüft jede der so erhaltenen Auflösungen, die man wieder zur Untersuchung auf die einzelnen Bestandtheile, je nach den Umständen, dem Volum oder dem Gewichte nach in 2, 3 oder 4 Theile theilt, einzeln auf die in ihnen enthaltenen Bestandtheile. Man wendet hierzu gewöhnlich zunächst das Wasser an, darauf verdünnte Chlorwasserstoffsäure, sodann concentrirte Schwefelsäure, und schließt endlich den noch ungelöst gebliebenen Rückstand mit kohlensaurem Kali sowohl als mit kohlensaurem Baryt auf. In diesen verschiedenen Auflösungen muß man bei einer qualitativen Untersuchung die Gegenwart der folgenden Substanzen voraussetzen.

In dem Wasserauszuge: Organische, extractive und stickstoffhaltige Substanzen, Humussäure, Salpetersäure, Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, Chlor, Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Manganoxydul, Eisenoxydul, Eisenoxyd.

In dem mittelst verdünnter Chlorwasserstoffsäure erhaltenen Auszuge: Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlor, Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Manganoxydul, Manganoxyd, Eisenoxydul, Eisenoxyd.

In dem mittelst concentrirter Schwefelsäure erhaltenen Auszuge: Phosphorsäure, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxydul.

In der nach dem Aufschließen mit kohlensaurem Kali und kohlensaurem Baryt erhaltenen Auflösung: Phosphorsäure, Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxydul.

Die Methoden zur Abscheidung der angeführten Bestandtheile der Ackererde findet man in dem Art. Analyse mitgetheilt, auf welchen wir hier verweisen; jedoch wird es nöthig sein, über die quantitative Bestimmung der Phosphorsäure noch einige Bemerkungen hinzuzufügen, da dieser Körper in der Pflanzenernährung eine so wichtige Rolle spielt und seine Auffindung und Abscheidung manchmal mit Schwierigkeiten verbunden sein kann. Auch ist es oft wichtig, die Menge jedes der beiden Eisenoxyde kennen zu lernen, weil der Einfluß des Eisens auf das Pflanzenwachsthum je nach dem Zustande der Oxydation desselben ein verschiedener zu sein scheint; wir halten es deswegen nicht für überflüssig, in der Kürze die Methoden anzugeben, nach welchen man in einer Auf-

ung die Menge eines jeden dieſer Oxyde mit hinlänglicher Genauigkeit beſtimmen kann. Zur Beſtimmung des Phosphorſäuregehaltes fällt man die Auflöſung mit Ammoniak; wenn, wie gewöhnlich der Fall iſt, nur eine ſehr geringe Quantität von Phosphorſäure zugegen iſt, befindet ſich im Niederſchlag nur Eiſenoxyd, Thonerde und die Phosphorſäure; iſt jedoch eine größere Menge vorhanden, ſo kann auch mehr oder weniger Kalk und Talkerde und Spuren von Manganoxydul mit niederfallen. Man filtrirt dann, wäſcht den Niederſchlag gut aus, und digerirt mit Kalilauge, wodurch Thonerde und ein Theil der Phosphorſäure ſich auflöſt; dieſe alkaliſche Auflöſung wird mit Kieſelfeuchtigkeit verſetzt, die ausgeſchiedene kieſelſaure Thonerde abfiltrirt, die Flüſſigkeit durch Salzſäure ſauer gemacht, zur Trockniß eingedampft, in Waſſer gelöſt, die Auflöſung filtrirt und zur Wägung hingeſtellt. Der Rückſtand von der Digeſtion mit kauſtiſcher Kalilauge wird mit viel Waſſer übergoſſen und einige Tropfen concentrirte Eſſigſäure zugeſetzt; hierdurch werden Kalk, Talkerde und die etwa vorhandenen Spuren von Manganoxydul aufgelöſt, während das Eiſenoxyd und die Phosphorſäure zurückbleiben. Dieſer Rückſtand wird nun in Chlorwaſſerſtoffſäure gelöſt, zu der Löſung nahe bis zur Neutraliſation Ammoniak und dann Schwefelwaſſerſtoff-Ammoniak geſetzt, wodurch alles Eiſen als Schwefeleiſen niederfällt. Die Löſung wird mit Chlorwaſſerſtoffſäure ſauer gemacht und erhitzt, bis aller Schwefelwaſſerſtoff verjagt iſt, ſodann mit der oben bei der Abſcheidung der Thonerde erhaltenen Löſung verſetzt, Ammoniak im Ueberſchuß und Ammoniumtalciumchlorid zugeſetzt; der Niederſchlag abfiltrirt, ausgewaſchen, geglüht und gewogen. — Man kann die angeführte Methode ſehr zweckmäßig auf die Weiſe abändern, daß man, namentlich in Gegenwart einer ziemlich großen Menge von Phosphorſäure und einer geringen Quantität Eiſen, zu der chlorwaſſerſtoffſauren Auflöſung etwas Eiſenchlorid und einen Ueberſchuß von eſſigſaurem Natron hinzufügt. Man kocht die Flüſſigkeit etwa 5 Minuten lang, wodurch ein rothbrauner Niederſchlag ſich abſcheidet, während die Löſung farblos wird; den abfiltrirten und mit heißem Waſſer ausgewaſchenen Niederſchlag löſt man in Chlorwaſſerſtoffſäure, ſetzt Weinſäure zu und dann Ammoniak in Ueberſchuß; man erhält dadurch eine klare gelbe Flüſſigkeit, aus welcher man die Phosphorſäure mittelſt Ammoniumtalciumchlorid oder einer Miſchung von ſchwefelſaurer Talkerde und Salmiak fällen und abſcheiden kann. Der Niederſchlag iſt nach dem Auswaſchen und Glühen zuweilen ſchwärzlich und enthält etwas Eiſen; ganz rein wird er indeß, wenn man ihn wiederum in Chlorwaſſerſtoffſäure auflöſt und mit Ammoniak fällt.

Zur Trennung des Eiſenoxyds von dem Eiſenoxydul muß man dem Theil der friſchen Ackererde, die ſo viel als möglich vor dem Luftzutritt geſchützt worden, in einem Kolben bei Ausſchluß der Luft und am beſten in einem Strome von Kohlenſäuregas mit Chlorwaſſerſtoffſäure digeriren; man ſetzt darauf mit Waſſer ausgerührte kohlenſaure Baryterde oder Kalkerde hinzu, digerirt wieder eine Zeit lang und läßt das Ganze ruhig ſtehen, bis die Flüſſigkeit ſich von dem Niederſchlage getrennt hat; die Auflöſung wird vorſichtig abgegoſſen, der Rückſtand ſchnell auf ein Filtrum gebracht und mit heißem Waſſer ausgewaſchen. In der Flüſſigkeit iſt nun die ganze Menge des Eiſenoxyduls enthalten, die man erhält, wenn man, um daſſelbe zu oxydiren, ein wenig Salpeterſäure zuſetzt und nach Abſcheidung des Baryts mit Ammoniak das dadurch gebildete Eiſenoxyd herausfällt. — Auch kann man die chlorwaſſerſtoffſaure Auflöſung mit Natriumgold-

chlorid verſetzen und aus der Menge des ausgeſchiedenen reducirten Goldes die bei vorhanden geweſenen Eiſenoxyduls oder Eiſenchlorürs berechnen. E. W.

Actine, Actinometer, ſ. Aktinometer.

Adhäſion, Anhängung (lat. adhaesio, franz. u. engl. adhesion oder adherence). Vermöge des allgemeinen Geſetzes der Anziehung (ſ. d. Art.) haften die Körper, mit einander in Berührung gebracht, an einander, welche Erſcheinung man Adhäſion nennt. Eine andere Erſcheinung, welche gleichfalls ihren Grund in der Anziehung hat, iſt die Cohäſion oder der innere Zuſammenhang der Körper. Bei vielen Erſcheinungen läßt es ſich ſchwer entſcheiden, ob Cohäſion oder Adhäſion ſtattfinde, wie z. B. bei den tropfbar-flüſſigen Körpern. Man kann ſich aber jeden Körper zuſammengeſetzt denken aus einer Menge kleiner untheilbarer Körper (ſ. Atomen, Molecülen), und dann würde am Ende alle Cohäſion auf Adhäſion hinauslaufen. Daher wird es natürlicher ſein, auch das Zuſammenhaften der Tropfen einer flüſſigen Subſtanz der Cohäſion zuzuſchreiben. Wenn zwei oder mehre Körper ſich mit einander verbinden, kommt es darauf an, ob ihre Verbindung eine chemiſche ſei oder nicht; im erſten Falle wird ein neuer Körper entſtehen, deſſen Theile durch Cohäſion zuſammengehalten werden, im zweiten Falle wird zwiſchen den verſchiedenartigen Körpern Adhäſion ſtattfinden.

Wir werden nun zu unterſcheiden haben Adhäſion feſter Körper an einander; Adhäſion feſter Körper an tropfbar-flüſſige und umgekehrt; Adhäſion tropfbar-flüſſiger an tropfbar-flüſſige; Adhäſion ausdehnſamer Flüſſigkeiten ſowohl an feſte und tropfbar-flüſſige, als unter einander.

1) Adhäſion feſter Körper an einander. Man nimmt nach den Geſetzen der Anziehung an, daß Körper deſto ſtärker an einander haften, je mehr Berührungspunkte ſie einander darbieten. Man pflegt deswegen, um Verſuche über die größere oder geringere Adhäſionskraft der verſchiedenen feſten Körper gegen einander anzuſtellen, dieſelben ſo viel als möglich zu ebenen und dann mit den glatten Flächen auf einander zu bringen. Die Größe der Kraft, welche erforderlich iſt, um die Körper wieder von einander zu reißen, giebt ihre Adhäſionskraft. So man z. B. drei Körper A, B, C, welche mit gleich großen Flächen auf einander gelegt werden können, und findet man durch den Verſuch, daß man, um den Körper C von A abzureißen, noch einmal ſo viel Kraft (Gewichte) anwenden muß, als man braucht, um B von A loszureißen, ſo zeigt ſich, daß C noch einmal ſo ſtark an A adhärirt als B. Man ſtellt derartige Verſuche mit Platten an, welche man Adhäſionsplatten nennt (fälſchlich auch wohl Cohäſionsplatten). Um das Aneinanderhaften durch die innige Berührung aller Theile der Flächen ſtärker zu machen, pflegt man dieſe Platten mit einer Fettigkeit (Talg oder Oel) einzureiben. Dies iſt aber darum zu verwerfen, weil man auf dieſe Weiſe nicht leicht entſcheiden kann, ob das mehr oder minder cohärirende Mittel (das Talg oder Oel) nicht das Meiſte zu Vermehrung oder Verminderung der Kraft beigetragen habe. Wichtige Verſuche hat Brechtl*) angeſtellt, indem er mit vollkommen ebenen und polirten Metallplatten von faſt $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer verfuhr, wie folgt. An den einen Balken einer ſehr empfindlichen Wage wurde eine dieſer Platten, genau im Gleichgewicht gebracht, ſo aufgehängt, daß ihre polirte Fläche ſich in einer hori-

*) Poggend. Ann. Bd. XV. S. 223.

zontalen Lage befand, und unter derselben die zweite Platte, mit welcher der Versuch angestellt wurde, gleichfalls horizontal auf einer Unterlage befestigt. Die beiden Platten wurden nun mit einander in Berührung gebracht, so daß die beiden polirten Flächen einander genau deckten, und nun wurden auf die Scheibe des zweiten Wagebalkens so lange Gewichte aufgelegt, bis die Trennung der Flächen erfolgte. Während einer zusammengehörigen Reihe von Versuchen fand keine merkliche Aenderung in Temperatur und Barometerstand statt. Die Versuche wurden einige Mal und zwar immer mit frischpolirten Flächen wiederholt. Hierdurch ergab sich das merkwürdige Resultat: daß diejenige Adhäsion, welche zwei Scheiben aus einem und demselben Metalle zusammt, auch die Adhäsion ist, welche diesem Metalle mit jedem anderen, von geringerer Adhäsion mit sich selbst, zugehört. Z. B. eine Kupferscheibe hing zusammen mit einer andern Kupferscheibe mit einer Kraft von 21 Gran; mit eben dieser Kraft hing nun die Kupferscheibe zusammen mit einer Wismuth-, Zink-, Zinn-, Bleischeibe ꝛc., obgleich die Adhäsion zweier Scheiben von einem jeden dieser Metalle (Blei und Blei, Zinn und Zinn u. s. f.) geringer war, als jene des Kupfers mit dem Kupfer. Prechtl will übrigens mit völliger Bestimmtheit gefunden haben, daß die Anziehung der Platten eines und desselben Metalles nicht bloß in der Berührung, sondern auch in der Entfernung stattfinde; ja sie soll schon innerhalb des Abstandes einer halben Linie deutlich bemerkbar gewesen sein, so daß sie durch kleine Gewichte gemessen werden konnte. Die schwebende Platte wurde von der anderen parallelen Platte in einer geringen Entfernung angezogen, bis beide Flächen einander berührten, was mit wachsender Beschleunigung und einer Art von Stoß geschah. Nimmt man Platten von gleichen Körpern, z. B. von Blei, und drückt sie auf einander, so wird die Verbindung der sich berührenden Theile so innig, daß die Adhäsion in Cohäsion überzugehen scheint. Mit zwei ebengeschabten und zusammengedrückten Bleicylindern, von $^1/_{30}$ Quadratzoll Querschnitt, konnte Martin ein Gewicht von 130 Pfd. heben *). Auch bei Kügelchen von reinem Golde, die nicht lange in der Luft gelegen hatten, fand Biewend eine besonders starke Adhäsion **). — Adhäsion bewirkt auch das Haftenbleiben des Staubes an senkrechten Wänden, ja an wagerechten Decken, von wo derselbe doch, wenn er nur dem Gesetze der Schwere folgte, herabfallen müßte. Je feiner der Staub ist, desto leichter bleibt er hängen und setzt sich an. Bei diesen kleinen Körpern ist die Adhäsion mächtiger als die Schwere, größer als ihr eigenes Gewicht. Ein sehr schöner farbenspielender Ueberzug bildet sich (mittelst der Feuchtigkeit und der Sonnenstrahlen) durch den Staub auf dem Glase, besonders auf schlechtem Fensterglase, welches man zu reinigen vernachlässigt oder häufig bei Sonnenschein befeuchtet hat. Ist dieser Ueberzug einmal fest geworden, so läßt er sich durch kein Reinigungsmittel mehr herunterbringen. Daß die Objectivgläser der Fernröhre und Spiegel ähnliche, nur dünnere Ueberzüge erhalten, kann man durch Abreiben mit reiner, in Kalkwasser getauchter und getrockneter Leinwand verhüten. Künstlich läßt sich die erwähnte Erscheinung hervorbringen, wenn man Metallauflösungen, namentlich salpetersaures Silber, auf Blei durch Kupfer niederschlägt, leise abspült und sodann durch die Sonnen-

*) Philos. Brit. Vol. I.
**) Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 164.

ſtrahlen einbrennen läßt. Polirte Spiegelplatten, welche über einander gelegt wo den, hängen nicht ſelten ſo feſt an einander, daß man ſie nicht trennen kan ohne ſie zu zerbrechen. Die Feſtigkeit der durch Galvanismus hervorgebrachte metalliſchen Ueberzüge ſcheint gleichfalls in der Adhäſion begründet zu ſein. — In d Natur kommen viele durch Adhäſion eng an einander gebundene Körper vor, ſo d Granit, welcher aus an einander adhärirendem Feldſpath, Quarz und Glimm beſteht. Sehr feſt hängen auch erhärtete Flüſſigkeiten an Körpern, auf die ſie i flüſſigen Zuſtande gebracht worden ſind, ſo der Leim, Kleiſter, Kitt, Mörtel u dergl. Alles Leimen, Kleiſtern, Kleben, Kitten beruht demnach auf Adhäſio Zwei mit Siegellack an einander gekittete Glasſtücke hängen nicht ſelten ſo f an einander, daß beim gewaltſamen Voneinanderreißen derſelben zuweilen Stü aus dem Glaſe herausgeriſſen werden. Beſtreicht man eine Glasplatte mit Lei ſo haftet dieſer oft ſo feſt am Glaſe, daß, wenn ſich der Leim beim Austrockn zuſammenzieht, von ihm Stücke aus dem Glaſe herausgeriſſen werden. In dieſ Fällen iſt die Adhäſion ſtärker als die Cohäſion.

2) Adhäſion feſter Körper an trofbar-flüſſige und umgekeh Läßt man einen Tropfen einer Flüſſigkeit auf einen feſten Körper fallen, ſo wird derſe vermöge der Adhäſion eine mehr oder weniger abgeplattete Form annehmen, ja wenn Adhäſionskraft ſtärker iſt als die Cohäſion der Flüſſigkeit, ganz auf demſelben zerfließ Taylor war der Erſte, welcher die Adhäſion, die zwiſchen flüſſigen und feſ Körpern ſtattfindet, auf eine der oben beſchriebenen (von Prechtl) ähnliche We unterſuchte. Er befeſtigte, wie nach ihm Prechtl, an die eine Seite eines Wa balkens eine Scheibe von einer feſten Materie und ließ dieſelbe dann äußerſt v ſichtig auf die Oberfläche einer Flüſſigkeit nieder, von der er ſie durch Gewich welche er auf die Schale am andern Arme des Wagebalkens legte, losriß. A dieſer Methode fand Guyton-Morveau *): Scheiben von 1 Pariſer Z Durchmeſſer und übrigens gleicher Beſchaffenheit von verſchiedenen Metallen zei gegen Queckſilber folgende Adhäſion: Gold erforderte zur Abtrennung v Queckſilber 446 Gran, Silber 429, Zinn 418, Blei 397, Wismu 372, Zink 204, Kupfer 142, Spießglanzkönig 126, Eiſen 1 Kobold nur 8 Gran, Platin 108 (nach längerem Warten 282 Gr. weiß glühend nur 10 Gr.). Taylor ſelbſt glaubte, daß bei ſeiner Methode Luftdruck von Einfluß ſei, allein Morveau fand unter dem Recipienten Luftpumpe faſt dieſelben Erfolge. Andere Schwierigkeiten liegen darin, d indem häufig Flüſſigkeit an den Scheiben hängen bleibt (was offenbar darin nen Grund hat, daß die Cohäſion der Flüſſigkeit ſchwächer als ihre Ad ſion an die feſten Körper iſt), beim Losreißen von derſelben eigentlich Cohäſionszuſtand der Flüſſigkeit (wenigſtens theilweiſe) gemeſſen wird. ſonders ſcheint an dieſem Mangel das Verfahren Huth's zu leiden, we Würfel von verſchiedenen Holzarten erſt 24 Stunden in Waſſer liegen ließ, eh die Losreißungsverſuche mit ihnen anſtellte. Link ſtellte mit einer Chalcedonpl von 10,2 Lin. Durchmeſſer Verſuche an, indem er dieſelbe mit einer Reihe Flüſſigkeiten zuſammenbrachte und losriß. Er brauchte zum Losreißen bei e Temperatur von 12° R. von reinem Waſſer 25 Gran Med. Gew., Schwefelſäure (ſpec. Gew. 1,803) 29 Gr., von Salzſäure (ſpec. G

*) Journ. de Phys. T. I. p. 172. 460.

1,408) 25 Gr., essigsaure Bleisolution, gesättigt, 25 Gr., Salpetersolution, gesätt., 23 Gr., Glaubersalzsolution, gesätt., 22 Gr., Kalkauflösung (spec. Gew. 1,216) 21 Gr., Mandelöl 16 Gr., Steinöl 16 Gr., Terpentinöl 15 Gr., Alkohol (spec. Gew. 0,840) 15 Gr., Alkohol, absol., 15 Gr., Schwefeläther 10 Gr. *). Eine Erscheinung der Adhäsion flüssiger Körper an feste ist auch die Haarröhrchen-Anziehung (s. d. Art.), aus welcher sich mehre andere Erscheinungen erklären lassen. Bringt man zwischen zwei frisch gereinigte, unter einem spitzigen Winkel gegen einander geneigte Glasplatten einen Tropfen Wasser, so wird er beiden adhäriren und selbst der Schwere entgegen dahin gezogen werden, wo die Platten sich am nächsten sind **). Noch augenfälliger läßt sich dieser Versuch mit einem Tropfen Sassafrasöl oder Orangenöl, zwischen zwei feuchte Glasplatten gebracht, anstellen. Aehnlich ist eine andere Erscheinung ***). Zwei parallele Platten nämlich, welche in geringem Abstande von einander in eine Flüssigkeit getaucht werden, streben sich einander zu nähern, es mag die Flüssigkeit zwischen ihnen höher oder niedriger stehen, als das Niveau derselben im Gefäße ist. Link leitete die Stärke der Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an feste Körper aus der Höhe ab, zu welcher die erstern zwischen zwei ebenen gleich weit von einander entfernten Platten emporsteigen †). Er nahm dabei an, daß sich die Höhen gerade wie die Anziehungen und umgekehrt wie die specif. Gewichte verhielten, also die Anziehungen proportional seien dem Producte aus der Höhe und dem specif. Gewichte. Folgende Tabelle zeigt die gefundenen Größen:

Flüssigkeit	Spec. Gewicht	Höhe in Linien, angegeben für Platten von			
		Glas	Kupfer	Zink	Holz
Destill. Wasser	1	12,5	13,0	13,0	1,5
" Weingeist . . .	0,835	8,0	10,0	9,5	8,5
Schwefeläther	0,755	7,0	10,0	8,5	7,0
Schwefelsäure rect. . . .	1,845	11,0	11,0	15,5	—
Salpetersäure	1,200	14,0	—	—	—
Essigsäure	1,115	14,0	14,0	—	—
Kaust. Kali-Lösung . .	1,335	8,0	10,5	8,0	—
Krystl. Kali-Lösung . .	1,145	9,5	11,5	10,0	—

Andere Erscheinungen der Adhäsion sind: die Benetzung der festen Körper durch Flüssigkeiten (das Naßwerden), sowie der concave (d. h. nach der Mitte zu hohle) Stand einer Flüssigkeit in einem Gefäße und das Emporsteigen derselben an einem eingehaltenen oder auf ihr schwimmenden Körper, wenn nämlich überhaupt der Stoff des Gefäßes und Körpers von der Flüssigkeit benetzt wird (den Gesetzen der

*) Gilb. Ann. Bd. XLVII. S. 1 ff.

**) Curse of mechanical experiments by Francis Hawksbee. Lond. 1709. 4. in Exper.; Philosoph. Trans. XXVII. 393. 474.

***) Gilb. Ann. Bd. XXXIII. S. 37 u. 293.

†) Pogg. Ann. Bd. XXIX. S. 404. Bd. XXXI. S. 593.

Schwere nach müßte die Flüssigkeit eine ebene, horizontale Oberfläche haben, de Cohäsion nach eine convexe d. h. erhabene); ebenso das Herablaufen der Flüssig keiten an den Außenwänden der Gefäße ohne übergebogenen Rand, wenn ma nicht schnell genug umwendet. Man kann das Herunterlaufen der Flüssigkeiten a Gefäßen beim Ausgießen dadurch vermeiden, daß man ein Stäbchen (z. B. vo Glas) beim Ausgießen an den Rand des Gefäßes hält, dann adhärirt die Flüssi keit an diesem Stäbchen und läuft an ihm herab. Das Hineilen eines schwimmen den Körpers nach dem Rande oder nach einem andern schwimmenden Körper, wen er ihm nahe genug, ist gleichfalls eine Erscheinung der Adhäsion. Daraus, d einige feste Körper von gewissen flüssigen nicht benetzt werden, folgt aber nicht, d zwischen denselben keine Adhäsion stattfinde, sondern einzig, daß diese nic groß genug sei, um die Cohäsion des flüssigen Körpers aufzuheben. So wi z. B. Glas von Queckfilber nicht benetzt und steht convex in gläsernen Gefäße aber ein auf einer Glasplatte liegender Tropfen Queckfilber fällt nicht herа wenn man die Platte umwendet, also findet dennoch Adhäsion statt. Beso ders stark zeigt sich diese Adhäsion, wenn das Glas recht rein ist, wie sch Huyghens *) beobachtete, indem er den Torricelli'schen Versuch machte, wo das Queckfilber in der 70 Zoll langen Röhre hängen blieb und erst durch E schütterung der Röhre fiel. Diese Adhäsion kann also bei Barometern mit en Röhren bedeutende Fehler veranlassen. Auf der Adhäsion des Wassers an ein Seile beruht die Vera'sche Seilmaschine (s. d. Art.). — Wie verschie die Adhäsionskraft der verschiedenen Flüssigkeiten sei, dafür sprechen unter and auch Prevost's interessante Versuche **), nach welchen eine Flüssigkeit die and von einer Glasplatte verdrängt. So verdrängen einander folgende Substan in der angegebenen Ordnung: Aether, Alkohol, wesentliches Pfeffermünzöl, B gamottöl, Majoranöl, Sarrietteöl, Mohnöl, Olivenöl, Nußöl nebst vielen ande Oelen, Wasser. Das reine Wasser dagegen vertreibt salzige und erdige Lösung und diese wieder andere in folgender Ordnung: Wasser, Alaunlösung, Vitri lösung, Glaubersalzlösung, Salpeterlösung, Kochsalzlösung, salzsaure Ammonia sung u. a. — Hierbei ist noch einer merkwürdigen Erscheinung zu gedenken. Kampher hat die Eigenschaft, daß er auf eine Platte gebrachtes Wasser zurücktre Wenn man aber ein kleines Stückchen Kampher auf die Oberfläche eines mit Wa gefüllten Gefäßes bringt, so geräth der Kampher in eine sehr schnelle dreh Bewegung. Aehnliche Erscheinungen kommen auch noch bei anderen Substa vor. So bewegt sich ein kleines auf Wasser schwimmendes Gefäß, in wel einige Tropfen Aether sind. Auch auf trockenem Queckfilber, so lange die O fläche desselben hinlänglich rein ist, gerathen Kampherstückchen und Phosp stückchen in eine drehende Bewegung. Dabei erzeugen die sich drehenden Ph phorstückchen im Dunkeln einen Lichtschimmer. Der Grund zu dieser Beweg mag in der Anziehung der Wasser- oder Queckfilberfläche und zugleich der gegen die feinen verdampfenden Theilchen Kampher sein. Dafür spricht, daß Bewegung aufhört, sobald man einen Tropfen Oel auf die Wasserfläche g welcher sich augenblicklich über dieselbe verbreitet, oder sobald das Queckfilber mit einem Häutchen überzogen hat; daß ferner nach Carradori ein Tro

*) Journ. des Savans. 1672. p. 111.
**) Ann. de Chim. T. XL. p. 19.

Euphorbiensaft (nicht aber Oel, welches ſtärkere Adhäſion hat) ſich nicht auf einer Queckſilberfläche, auf welcher ein Phosphorſtückchen gelegen hatte, ausbreitete, woraus denn hervorgeht, daß der Phosphor die Queckſilberfläche wie ein Tropfen Oel überzogen hatte. Auch ließ ſich das Phosphorhäutchen vom Queckſilber mit einem Meſſer herunternehmen, worauf die vorher unterbrochene Bewegung wieder zuſtand. Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß ſich auch der Kampher in einem, nur noch viel dünneren Häutchen über die Oberfläche des Queckſilbers ausbreitet *). — Auf der Adhäſion zwiſchen flüſſigen und feſten Körpern beruht alles Schreiben, Malen, Schlemmen ꝛc.

3) Die Adhäſion tropfbarer Flüſſigkeiten an einander zeigt ſich, wenn man auf Queckſilber einen Tropfen Waſſer bringt, indem derſelbe nicht, wie man den Geſetzen der Cohäſion nach vermuthen ſollte, ſeine runde Geſtalt beibehält, ſondern ſich augenblicklich über die ganze Oberfläche des Queckſilbers verbreitet. Ein Gleiches geſchieht, wenn man einen Tropfen Olivenöl oder Euphorbiensaft auf eine Waſſerfläche giebt, indem das Waſſer mit einem dünnen farbenſpielenden Häutchen überzogen wird. Dieſelben Erſcheinungen zeigen auch andere Pflanzenſäfte und Weingeiſt. Hierbei tritt wieder die Erſcheinung auf, daß ein flüſſiger Körper den andern vertreibt, je nachdem die Adhäſionskraft des einen ſtärker oder ſchwächer als die des andern iſt. Viele intereſſante Verſuche darüber hat Carradori angeſtellt, auch Link **). Bringt man auf eine Waſſerfläche, auf welcher ſich ſchon ein Oeltropfen ausgebreitet hat, einen zweiten Tropfen Oel, ſo dehnt ſich derſelbe nur ſchwach linſenförmig horizontal aus, nimmt aber ſtatt deſſen gewiſſermaßen eine verticale Ausdehnung an, indem ſich anfangs am Rande deſſelben mannigfaltige nicht hohle, ſondern volle, kleinere linſenförmige Erhabenheiten verſchiedener Größe ausbilden, die eine gemeinſchaftliche Bewegung nach dem Gipfel der convex daliegenden Oelhaut annehmen, wobei ſich, wie vermöge einer wechſelſeitigen Anziehung, die kleineren Linſchen nach den größeren hinbewegen und mit ihnen zu noch größeren zuſammenfließen, auch wohl mehrere größere zuſammenfließen. Kurz darauf, und um ſo eher, je flüchtiger das Oel iſt, ſteigen über die ganze Oberfläche der Haut andere Erhabenheiten auf, noch größer als die, welche im Anfange nahe am Rande ſich erhoben hatten. Sie haben eine ganz kraufe und ungleiche Oberfläche, und an ihrer Baſis entwickeln ſich wieder andere, anfangs linſenförmige, ſpäter in einen Schwanz verlängerte Erhabenheiten, welche nach dem Gipfel der größern Erhabenheiten aufſteigen, ohne doch ganz zum Gipfel zu gelangen, indem ſie ſchon vorher in der Maſſe der größern Erhabenheiten ſich verlieren und verſchwinden. Dieſe Erſcheinung hat man aus einer Wärmeentwickelung, welche in der Berührungsgrenze des Oels mit der Flüſſigkeit und Luft ſtattfinde, erklärt. Die Beobachtung iſt von Fuſinieri, der jedoch mittelſt des Thermometers keine Wärmeentwickelung nachweiſen konnte ***). — Wie

*) Prevoſt in Ann. de Chim. T. XL. p. 1 ff. — Carradori in Ann. de Ch. T. LI. p. 216; Gilb. Ann. Bd. XXIV. S. 140, 152 ff.; Brugnatelli Giornale quarto bim. T. III. p. 261. — Link in Gilb. Ann. Bd. XXIV. S. 128. Bd. XXVI. S. 146. — Parrot in: Theor. Phyſ. Bd. I. S. 83. — Frankenheim, Cohäſion. Breslau 1835. 8.

**) Ann. de Chim. T. XXXV. p. 87. T. LI. p. 216. Gilb. Ann. Bd. XII. S. 108, Bd. XXIV. S. 130 ff.

***) Fechner, Repert. der org. Chemie. Bd. II. S. 574. Biots Lehrb. der Exper. Phyſ. v. Fechner. Bd. V. S. 379.

ſtark das Beſtreben des Waſſers und Weingeiſtes ſich mit einander zu verbinden ſei, geht daraus hervor, daß, wenn man ein mit Weingeiſt gefülltes Fläſchchen mit einem in Waſſer ſtark erweichten Stückchen Rindsblaſe zubindet und unter Waſſer taucht, durch die Blaſe in einigen Stunden eine ſolche Menge Waſſer dringt, daß die Blaſe hoch aufſchwillt und, wenn man dann mit einer Nadel hineinſticht, ein mehrere Fuß hoher Waſſerſtrahl herausſpritzt. Aehnlich iſt die Erſcheinung, daß wenn man eine Glasröhre an dem einen Ende mit einem Stück Rindsblaſe überbindet und an dem andern Ende eine Flüſſigkeit hineingießt, ſodann aber die Röhre mit dem verbundenen Ende in eine verwandte Flüſſigkeit taucht, eine Verbindung beider Flüſſigkeiten ſtattfindet. Verſuche hierüber hat N. W. Fiſcher gemacht *).

4) Die Adhäſion ausdehnſamer Flüſſigkeiten an feſte und an tropfbare Körper iſt unter d. Art. Abſorption abgehandelt worden.

Die Adhäſion ſcheint die erſte Aeußerung chemiſcher Verwandtſchaft (ſ. d. Art.) zu ſein, weshalb es ſo ſchwer iſt zu unterſcheiden, ob da, wo tropfbare und expanſible Flüſſigkeiten zuſammenkommen, chemiſche Verbindung ſtattfinde oder nicht (ſ. d. Art. Abſorption). Daß Adhäſion und chemiſche Verwandtſchaft im Zuſammenhange ſtehn, wird durch Erman's intereſſante Verſuche **) beſtätigt, welcher nachwies, daß die Intenſität der Flächenanziehung ſich erhöhe, wenn im galvaniſchen Proceſſe chemiſche Verwandtſchaft erregt werde. Die Adhäſion findet nur bei der Berührung ſtatt; daß aber in der That Anziehung, wie auch Prechtl und Link bei ihren (oben erwähnten) Verſuchen bemerkt haben wollen, ſie veranlaſſe, davon kann man ſich leicht überzeugen, wenn man einen dünnen Faden einem Waſſertropfen nähert. Der Faden wird ſich nämlich, wenn auch aus geringer Entfernung, durch einen Sprung an den Waſſertropfen anhängen. Bei jeder Adhäſionserſcheinung ſcheint Wärme ſich zu entwickeln. Pouillet hat dargethan, daß bei jeder Benetzung feſter Körper mit Flüſſigkeiten Temperaturerhöhung ſtattfinde ***). Von der Wärmeentwickelung, welche ſtattfinde, wenn expanſible Flüſſigkeiten mit tropfbaren oder feſten Körpern zuſammenkommen, iſt unter dem Art. Abſorption geſprochen worden. — Die Temperatur iſt (wie bei Abſorption und Cohäſion) von Einfluß auf die Adhäſion, indem die Größe derſelben nach Achard durch zunehmende Temperatur vermindert wird †). Nach Schmidt wirkt auch die Elektricität mindernd auf die Adhäſion.

Adhäſionsplatten, ſ. Adhäſion.

Aeolipile, ſ. Dampfkugel.

Aeolsharfe, Windharfe (von Aeolus, dem König der Winde; engl. Aeolian Harp) iſt ein Inſtrument, welches weſentlich aus einem ſchmalen länglichen Kaſten mit einem dünnen Reſonanzboden beſteht, auf welchen der Länge nach über zu oben und unten ſtehende Stege Darmſaiten (a-Saiten) gleichmäßig und nicht ſtark geſpannt ſind. Dieſes Inſtrument wird dem Luftzuge ausgeſetzt, worauf durch denſelben die verſchiedenartigſten conſonirenden Töne hören läßt. Die beſt

*) Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 289.
**) Gilb. Ann. Bd. XXXII. S. 262. Bd. XL. S. 5.
***) Ann. de Chim. et Phys. T. XX. p. 141. Gilb. Ann. Bd. LXXIII. S. 336.
†) Mém. de Berl. 1776. p. 149. Chemiſch-phyſikaliſche Schriften. Berl. 1780. Bd. S. 354. Pogg. Ann. Bd. XII. S. 618. Bd. XIII. S. 284.

Aeolsharfen werden verfertigt, indem ein etwa 4 Fuß langer, oben 6 bis 7 Zoll, unten 4 bis 5 Zoll breiter und 5 Zoll hoher Rahmen von tannenen, nicht äftigen Brettern mit einem dünnen Resonanzboden versehen wird und über zwei an den Enden angebrachte 0,75 Zoll hohe Stege 6 bis 10 a-Saiten gleichstimmend gezogen werden. Dieses Instrument stellt man senkrecht in ein wenig geöffnetes Fenster, so daß die Zugluft schräg gegen die Saiten stößt. W. Jones brachte die Saiten und den wie gewöhnlich mit einem runden Ausschnitte versehenen Resonanzboden inwendig im Kasten an, auswendig aber befestigte er noch einen Boden mit einem horizontalen Einschnitte, wodurch das Instrument tragbar gemacht wurde und gegen den Wind gerichtet werden konnte. Langguth giebt eine transversale Aeolsharfe an, die in einem Kasten befindlich ist, an welchem Windklappen angebracht sind, um damit den Luftzug zu reguliren. — Der Erste, welcher von der Windharfe gesprochen hat, war Kircher *), als ihr eigentlicher Erfinder ist jedoch der schottische Componist Oswald anzusehen, welcher durch Pope **), der im Eustathius gelesen hatte, daß Saiten, an welche der Wind wehe, Töne von sich gäben, aufmerksam gemacht worden war. Am meisten hat sich M. Young bemüht den Grund aufzufinden, wie eine Aeolsharfe bei gleicher Stimmung der nämlichen Saiten doch so verschiedenartige Töne hervorbringen könne, ja wie eine und dieselbe Saite, wie er bei seinen Beobachtungen fand, mannigfaltig zu tönen vermöge. Young berechnete die Punkte, auf welche die Schwingungsknoten der Saite fallen müßten, und er fand auch, daß der Ton nicht aufhöre, wenn er den so gefundenen Schwingungsknoten berührte, während der Ton augenblicklich aufhörte, sobald die Stelle der Berührung verrückt wurde. Interessante Beobachtungen hat Pellisow gemacht. Er fand zunächst Young's Bemerkung über die Schwingungsknoten bestätigt, zugleich aber auch, daß man dessenungeachtet nicht annehmen kann, daß in einer Saite, die ohne alle Berührung der Wirkung des Windes ausgesetzt ist, aliquote Theile entstehen, ungeachtet der verschiedenen Töne, die sie unter dem Einfluß desselben hervorzubringen vermag; auch fand er, daß die Töne, welche die Saite einer Aeolsharfe bei gleichbleibender Spannung hervorbringt, nicht mit der Reihenfolge derer übereinkommen, die sie durch eine Theilung in aliquote Theile geben könnte, daß dagegen die Höhe der Töne der Aeolsharfe im Verhältniß mit der Schnelligkeit des sie erzeugenden Windes zu stehen scheine. Die experimentale Bestätigung dieser Ansicht gewährt folgende Einrichtung. Man bringe eine Aeolsharfe am Ende eines langen Balkens an, welcher in seinem Schwerpunkte unterstützt ist und um diesen herum mit beliebiger Geschwindigkeit gedreht werden kann. Je schneller die Drehung des Balkens geschieht, desto höhere Töne werden von der Aeolsharfe erzeugt. In der Sternwarte zu Leipzig ist ein derartiger Apparat aufgestellt. Pellisow fand auch die Ansicht widerlegt, nach welcher mitklingende Nebentöne wahrgenommen werden sollen. Auf keine Weise konnte er eine Transversalschwingung bemerken. Er meint daher, die Saite der Aeolsharfe erhalte durch den fortgesetzten Luftstrom eine Reihe von Stößen und werde dadurch in ihren Molecular-Theilchen in Longi-

*) Kircher, Phonurgia p. 148.

**) Jones physiological disquis. or discourses on the natural philosophy of the Elements. Lond. 1781. 4. Lichtenberg Taschenb. z. gesell. Vergnügen. Gött. 1792. S. 137 – 145. Abgedr. in den Vermischten Schriften Lichtenberg's. Bd. VI. S. 5.

tudinal-Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht. Diese Ansicht wird noch besonders durch eine andere Beobachtung Pellisow's unterstützt, indem, wenn man die Saite einer Violine in Molecular-Schwingungen versetzt, Töne entstehen, welche denen der Aeolsharfe täuschend ähnlich sind *).

Aequator des Himmels, astronomischer Aequator, Gleicher, Aequinoctialkreis (lat. aequator, circulus aequinoctialis; franz. équateur; engl. equinoctial), ist derjenige die Himmelskugel in zwei gleiche Hälften, die nördliche und südliche Halbkugel (Hemisphäre), theilende größte Kreis, dessen geometrische Pole die beiden Endpunkte der Rotationsaxe der Himmelskugel sind; mithin ist jeder Punkt des Aequators 90 Grade von diesen beiden Polen (dem nördlichen und südlichen Weltpole) entfernt. Alle durch diese Pole gehenden größten Kugelkreise (nämlich die Mittags- und Abweichungskreise) durchschneiden den Aequator rechtwinklig, und letzterer ist stets zur Hälfte über dem Horizonte, also sichtbar, und zur Hälfte unter dem Horizonte, also unsichtbar, weil während der scheinbaren täglichen Umdrehung der Himmelskugel jeder Punkt des Aequators der Reihe nach durch den Ost- und Westpunkt des Horizonts geht. Den Aequator durchschneidet in zwei, einander diametral gegenüber liegenden Punkten, in den Aequinoctial- oder Nachtgleichenpunkten die Ekliptik (s. d. Art.), woher auch der Aequator seinen Namen (Gleicher) hat, indem, sobald die Sonne in einem dieser beiden, der Ekliptik und dem Aequator zugleich angehörenden, Punkte steht, alsdann Tag und Nacht auf der Erde gleich sind. Der Aequator wird in 360 Grade oder 24 Stunden eingetheilt, welche wegen der geraden Aufsteigung (s. d. Art. Aufsteigung, gerade) so gezählt werden, daß das Frühlingsäquinoctium 0 Grade oder 0 Stunden und das Herbstäquinoctium 180 Grade oder 12 Stunden erhält (s. d. Art. Sternzeit). — Die Lage des Aequators am gestirnten Himmel wird durch den Stern η auf der Brust des Antinous, die Sterne π, ζ und η in der östlichen Hand des Wassermannes, den Stern α am Bande der Fische, den Stern δ am Gürtel des Orion und den Stern β am untern Flügel der Jungfrau sehr nahe angegeben. J.

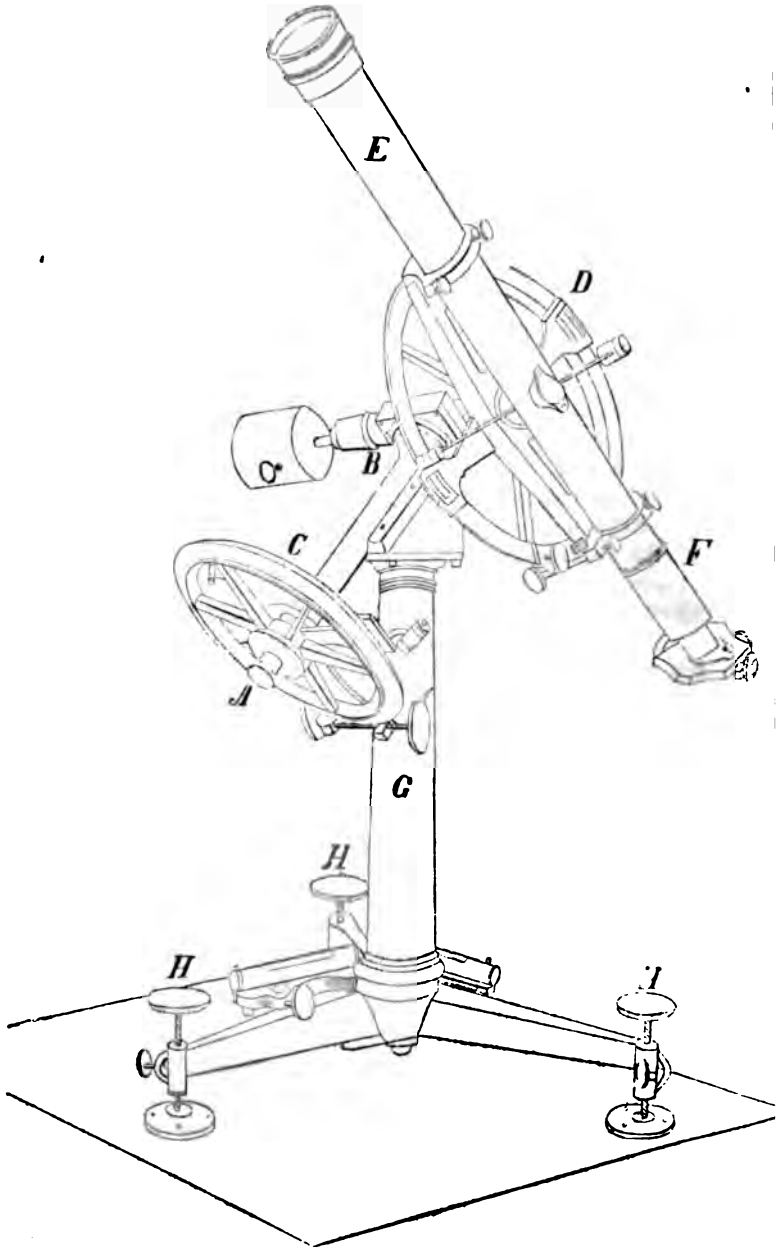
Aequator der Erde, geographischer Aequator, Gleicher, Aequinoctiallinie oder Linie (lat. Aequator, franz. équateur de la terre, la ligne, engl. equator, line), ist der von dem Nord- und Südpole (den Endpunkten der Rotationsaxe) der Erdkugel überall gleich weit entfernte, d. h. um 90° abstehende, größte, mit dem Himmelsäquator in einer Ebene liegende, die Erdoberfläche in die nördliche und südliche Halbkugel (Hemisphäre) abtheilende Kreis, nach dessen Richtung (von Westen nach Osten) die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt, so daß jeder Punkt der Erde täglich einen Kreis beschreibt, welcher dem Aequator parallel ist. Der Aequator durchschneidet den untern Theil von Amerika an der Grenze von Terrafirma, das große Weltmeer, Africa, und dann im Süden von Asien die Inseln Sumatra, Borneo, Celebes, sowie das Südmeer. Der Aequator der Erde wird, gleich dem des Himmels, mit welchem er in derselben Ebene liegt, in 360 Grade (wie überhaupt jeder Kreis), die man in der Richtung von Abend nach Morgen zählt, getheilt; den 15ten Theil eines solchen Grades nen

*) Vergl. Young, An Enquiry into the princ. phenom. of Sound. P. II. Sect. Deutsch in Gilb. Ann. Bd. X. S. 57. Pellisow in Pogg. Ann. Bd. XIX. S. 237.

nun eine geographiſche Meile, und mithin beträgt die Länge des Aequators, d. h. alſo der Umfang der Erdkugel 360 × 15 = 5400 ſolcher geographiſchen Meilen. Die Gradzählung beginnt man von dem Durchſchnittspunkte des Aequators mit dem erſten Meridian (ſ. d. Art.). — In den vom Aequator getroffenen Gegenden iſt Tag und Nacht ſtets gleich, indem die Sonne (und ſo auch jeder Fixſtern) 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizonte ſich befindet; hiervon hat der Aequator, welcher bei den Seefahrern vorzugsweiſe die Linie heißt, ſeinen Namen Gleichmacher oder Gleicher. J.

Aequator, magnetiſcher, der Erde heißt die Linie gleicher Neigung der Magnetnadel, welche alle diejenigen Orte der Erde unter einander verbindet, in denen die magnetiſche Neigung gleich 0 iſt, d. h. in denen weder das Nordende noch das Südende der Magnetnadel heruntergezogen wird, in denen alſo eine genau in ihrem mathematiſchen Schwerpunkt unterſtützte Magnetnadel genau in der horizontalen Ebene ſich einſtellt. Dieſe Linie fällt nicht mit dem geographiſchen Aequator der Erde zuſammen, wenn ſie auch nirgends allzuweit von demſelben abweicht. Das Nähere ſ. unter Magnetismus der Erde.

Aequatoreal oder Aequatorial iſt ein aſtronomiſches Inſtrument zur Beſtimmung der Abweichung eines Geſtirns und des Unterſchiedes der geraden Aufſteigungen dieſes Geſtirns und des Zeniths (Scheitelpunktes). Das ganz genau aufgeſtellte Aequatoreal gewährt den ſehr wichtigen Vortheil, außerhalb des Meridians die nämlichen Beſtimmungen machen zu können, die der Meridiankreis (ſ. d. Art.), ebenfalls ein aſtronomiſches Inſtrument, bloß für die Culminationszeit geben. Die großen Aequatoreale werden auf einem prismatiſchen Stative angebracht, bei den kleinern tragbaren aber wird die Mitte der Polaraxe A B (ſiehe umſtehende Fig.) gewöhnlich auf einer Verticalſäule G von Meſſing, mit 3 Füßen, durch welche die Stellſchrauben H, H, H hindurchgehen. Der Kreis C iſt der Aequatoreal- oder Stundenkreis, der Kreis D aber der Declinationskreis; beide Kreiſe haben zwei einander gegenüberſtehende Nonien. Die gewöhnlich ſehr kleine Eintheilung des Stundenkreiſes vertheuert das Inſtrument ohne Noth zu ſehr, weil hier eine Theilung von Minute zu Minute vollkommen ausreichend iſt, da die ſcharfe Beſtimmung der Rectaſcenſion ohnedies durch andere Mittel erreicht werden muß. F E iſt das Fernrohr, welches, nach vorausgegangener ſorgfältiger Orientirung des Aequatoreals, einmal auf irgend ein Geſtirn geſtellt, alsdann, von links nach rechts fortbewegt, der täglichen Bewegung des Himmels folgt, was für den Beobachter äußerſt bequem iſt und ihm zugleich das Aufſuchen des Geſtirns bei Tage ungemein erleichtert. An ſehr großen Aequatorealen mit ſtark vergrößernden Fernröhren pflegt man ein nach Sternzeit regulirtes Uhrwerk anzubringen, welches das Fernrohr von ſelbſt der täglichen Bewegung des Himmels folgen läßt und ſo das in der Mitte des Geſichtsfeldes des Fernrohrs befindliche Geſtirn gleichſam ſtillſtehend macht. — Verzeichniſſe ſolcher großen, ſchönen Aequatoreale, nebſt Angabe ihrer Preiſe, wie ſie jetzt in Berlin, Wien und München gefertigt werden, findet man in den von Schumacher herausgegebenen „Aſtronomiſchen Nachrichten.“ — Die ausführlichere Beſchreibung und Abbildung des Aequatoreals, ſowie das Nähere über Berichtigung ſeiner Fehler, ſeinen Gebrauch und die Berechnung der mit ihm angeſtellten Beobachtungen ſ. in Jahn's Lehrbuch der praktiſchen Aſtronomie, (Berlin 1834) II. Theil, 10. Cap. S. 139 u. ff. Der praktiſche Aſtronom muß die Fehler des Inſtruments ſehr häufig von neuem unterſuchen, weil er ſich auf die Be-



ſtändigkeit dieſer Fehler nicht verlaſſen kann und darf, welche Unbeſtändigkeit ihr Grund nur in dem zuſammengeſetzten Bau des Aequatoreals hat. Dieſe oft

wiederholende Untersuchung ist aber so ungemein beschwerlich, daß der Astronom gewöhnlich lieber ein Mittel anwendet, durch welches er sich während der Beobachtungen von einer solchen lästigen Arbeit und von der Unbeständigkeit des Instrumentes überhaupt unabhängig machen kann. Dieses treffliche Mittel nun besteht in der Anwendung von Differentialbeobachtungen (s. d. Art.). J.

Aequinoctialkreis, Aequinoctiallinie, s. Aequator, astronomischer, geographischer.

Aequinoctien, s. Nachtgleichen.

Aequivalent, s. Atom.

Aërodynamik, s. Mechanik.

Aërolith, s. Meteorsteine.

Aërometrie, s. Mechanik.

Aëronautik, s. Luftball.

Aërostat, s. Luftball.

Aërostatik, s. Mechanik.

Aether, Himmelsluft (v. d. lat. aether, Himmelsluft), eine feine elastische Flüssigkeit, welche, wie man meint ohne sie zu kennen, den Weltraum erfüllen soll und in welcher sich die Weltkörper bewegen sollen. Wäre solch eine Flüssigkeit wirklich vorhanden, so müßte sie nicht allein das durch sie gehende Licht schwächen, sondern auch allmälig die Bewegung der Planeten verzögern, wenn die Bahnen derselben von der Sonne sich gleich bleiben. Man hat indessen bis jetzt auch bei keinem Planeten eine Abnahme der Umlaufszeit bemerken können, dagegen hat Encke*) allerdings bei dem von ihm beobachteten Kometen eine Beschleunigung der Umläufe bemerkt, die sich vielleicht aus dem Vorhandensein eines Aethers erklären läßt. Gäbe es nämlich einen Aether, so müßten sich die bewegten Weltkörper bei Verminderung ihrer Geschwindigkeit der Sonne nähern; bei Verminderung ihres Abstandes von der Sonne würde sich aber auch die Zeit ihres Umlaufes um dieselbe vermindern. Die Natur der Kometen ist noch zu wenig bekannt, um aus jener von Encke beobachteten Erscheinung mit Sicherheit auf das Dasein des Aethers schließen zu können, und ebenso wenig ist nachgewiesen, daß eine nur durch das Vorhandensein des Aethers erklärliche Schwächung des Lichtes stattfinde. Gäbe es einen den Weltraum erfüllenden Aether, so muß er jedenfalls außerordentlich dünn sein. Man kann dies aus folgender Betrachtung ableiten**). Das weiße Licht besteht bekanntlich aus sieben Farben, und wenn es durch ein Medium hindurchgeht, so bewegen sich die sieben farbigen Lichtstrahlen, welche zusammen das weiße Licht geben, mit ungleicher Geschwindigkeit. Nun giebt es periodische weiße Sterne, d. h. Sterne, welche abwechselnd uns ihr weißes Licht zusenden und wieder verschwinden. Wäre nun der Aether, durch welchen sich das weiße Licht eines solchen Sternes hindurchbewegt, von irgend erheblicher Dichtigkeit, so müßten die Strahlen gewisser Farben zeitiger bei uns ankommen, als die Strahlen anderer Farben, d. h. der Stern müßte nach einander verschiedene Färbungen annehmen, bis endlich seine weiße Farbe sich herstellte. Auch das Verschwinden des Sternes müßte durch

*) Bode's astron. Jahrb. f. 1826. S. 124. — Vergl. Brandes in Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 275.

**) Vgl. Arago's Analyse des Lebens und der Arbeiten Herschel's in: Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde von Arago. Bd. VI. S. 277.

Farbenübergänge geschehen. Bedenkt man, daß das Licht eines Fixsternes tr
seiner ungeheuren Geschwindigkeit sicher über drei Jahre gebraucht, um zu uns
gelangen, so sieht man, daß schon bei einer sehr geringen Dichte die einzeln
Farbenstrahlen in beträchtlichen Abständen eintreffen müßten. Da aber eine sol
Farbenerscheinung an periodischen weißen Sternen nicht beobachtet wird, so muß
Aether, wenn er überhaupt vorhanden ist, von einer Dünnheit sein, welche für u
sere Vorstellung mit der einer vollkommenen Leere gleichbedeutend erscheint.

Man hat, um die Fortpflanzung des Lichtes und der Wärme mit ihren
genthümlichkeiten sich leichter vorstellen zu können, auch von einem Lichtä
und einem Wärmeäther gesprochen, ebenso wie man zur Erklärung der Elektrici
und des Magnetismus von Fluiden (Flüssigkeiten) redet, welche man ebenfalls
Aether hätte bezeichnen können. Von dem Lichtäther nimmt man an, daß
selbe eine höchst elastische Flüssigkeit sei, die den ganzen Weltraum erfülle und
die feinsten Zwischenräume aller Körper bis zu den letzten Bestandtheilen derse
eindringe. Er soll eben das Medium sein, durch welches das Licht sich dorge
fortpflanzt, daß von den leuchtenden Körpern ausgehende Schwingungen den Ae
in schwingende Bewegung versetzen.

Auch die Wärme pflanzt sich fort, man spricht von Wärmewellen wie
Lichtwellen, beide sind aber nicht identisch, wie schon daraus hervorgeht, daß in
wissen Fällen Körper die Wärmewellen absorbiren, die Lichtwellen dagegen durch
sen, und so hat man denn auch von einem eigenen Wärmeäther gesprochen.
legt jedem solchen Aether, den man der Theorie zu Liebe erfindet, diejenigen Eig
schaften bei, welche man braucht, um die gemachten Beobachtungen in die Fo
einer Erklärung der Erscheinungen zu bringen.

Auch die Alten sprechen bekanntlich schon von einem Aether, als wel
den Weltraum erfüllen soll. Nach Aristoteles war aber dieser Aether n
materiell in dem Sinne, wie die alle irdischen Dinge constituirenden vier E
mente (s. Aggregationsformen), sondern als weder schwer noch leicht (
weder nach dem Mittelpunkte hin sich bewegend, noch von ihm ab, welcher Gege
die Elemente, die Aggregationsformen bedingt) ist der Aether selbst im Kreisl
begriffen, die Ursache der Kreisbewegung aller Weltkörper: der in sich bewegte „Ra
welcher den Namen hat von der ewigen Bewegung“ *), ἀπὸ τοῦ θεῖν ἀεί.

Aether, Schwefeläther (lat. Aether sulphuricus), Naphtha
Vitriolnaphtha, Aethyloxyd, Aetherinhydrat, nennt man
wasserhelle, tropfbare, sehr bewegliche Flüssigkeit, die äußerst flüchtig ist, beim
dunsten Kälte hervorbringt, angenehm riecht, kühlend, süßlich gewürzhaft schm
sich sehr leicht entzündet und mit heller Flamme brennt. Das specifische Ge
dieser Flüssigkeit bei +20° ist nach Gay-Lussac = 0,7154, nach Sauss
= 0,7155, nach Dumas und Boullay = 0,71654; nach den letztgen
ten Chemikern siedet sie unter 0m,745 Barometerstand bei + 34° C., nach G
Lussac unter 0m,76 bei 35°,66, nach Despretz bei 35°, nach Muncke bei
und nach Dalton bei 35°,55. Der Aether setzt, wie Fourcroy und Vauqu
dargethan, bei — 31° kleine krystallinische Blättchen ab, welche wahrscheinlich Ae
hydrat sind, und erstarrt erst bei — 44° C. zu einer festen weißen Masse. Das
fische Gewicht des Aetherdampfes fanden Berzelius und Dulong = 2,

*) Arist. de coelo l., 3. Vgl. Marbach, Gesch. der griech. Philosophie. S. 26

Gay-Lussac = 2,586; Dulong das Lichtbrechungsvermögen des Aethers zu 3,177. Die chemische Formel für seine Zusammensetzung ist $C^4H^{10}O$. Man erhält den Aether durch die Einwirkung mehrfacher Substanzen auf Alkohol, gewöhnlich dadurch, daß man ein Gemenge von englischer Schwefelsäure und Alkohol bis zu + 140° erhitzt, bei welcher Temperatur die Aetherbildung rasch von Statten geht, und man erhält im Destillate ein Gemenge von Aether und Wasser, während die Schwefelsäure zurückbleibt und nach Zusatz von mehr Alkohol zur Bildung einer neuen Quantität Aether die Veranlassung wird. Man erklärt sich die Aetherbildung durch Zersetzung des Alkohols aus der Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Aether, indem nämlich bei Erhitzung der Mischung eine Verbindung beider Substanzen sich bildet, die bei einer Temperatur von 140° wiederum zerlegt wird, indem Aether sich abscheidet, welcher nebst dem bei Bildung jener Vereinigung aus dem Alkohol sich abscheidenden Wasser überdestillirt. Auch die Phosphorsäure (Laissaigne) und die Arsenikſäure (Boullay) verhalten sich ganz ähnlich wie die Schwefelsäure; man erhält bei der Destillation derselben mit Alkohol ebenfalls Aether, jedoch dauert die Aetherbildung in diesem Falle nicht ununterbrochen fort, indem die angeführten Säuren das aus dem Alkohol abgeschiedene Wasser aufnehmen und nicht wieder fahren lassen, wodurch die Lösung bald zu verdünnt wird, um noch Aether zu erzeugen. Auch durch andere Substanzen kann man aus dem Alkohol Aether erzeugen, namentlich bei Anwendung von Fluorbor*), von Zinkchlorür*) und anderen Chlorüren. Die Bildung von Aether durch Einwirkung der angeführten Substanzen beruht wahrscheinlich auf einer reinen Wasserzerſetzung, wodurch dem Alkohol das Wasser entzogen wird, indem z. B. das Fluorbor in Borsäure und Borfluorwasserstoffsäure zerfällt ꝛc. — Der Aether giebt in der Einwirkung verschiedener Agentien eine große Anzahl von Zersetzungsproducten und mannigfachen Verbindungen. Durch eine langsame und unvollständige Verbrennung des Aethers bei Gegenwart von nur wenig Sauerstoff erhält man die sogenannte Aethersäure oder Lampensäure; leitet man den Aetherdampf durch eine heiße Porzellanröhre, die jedoch noch nicht glüht, so zerlegt sich der Aether in Aldehyd, Wasser, ölbildendes Gas, Grubengas und Kohle; durch Einwirkung von wasserfreier Schwefelsäure bildet sich die Isäthionsäure (Magnus) und durch Einwirkung von Chlor erhält man unter verschiedenen Umständen verschiedene Producte, in welchen der Wasserstoff des Aethers durch Chlor ganz oder zum Theil verdrängt und ersetzt worden ist. Der Aether löst Phosphor, auch Jod und Eisenchlorid auf, welche Auflösungen, namentlich die phosphorhaltige, in der Medicin angewendet werden; eine Mischung von Alkohol und Aether bildet den Schwefeläther-Weingeist, Hoffmann's schmerzstillende Flüssigkeit, Hoffmann's Tropfen (Liquor anodynus mineralis Hoffmanni), und Aether, Weingeist und Eisenchlorid den eisenhaltigen schmerzstillenden Liquor, oder Bestuscheff's Nervenactur, oder de Lamotte's Goldtropfen (Tinctura tonico-nervina Bestuscheffi). E. W.

Aetherarten, zusammengesetzte Aether oder Naphthen, sind die theils sauren, theils neutralen Verbindungen des Aethers mit organischen sowohl als unorganischen Säuren; auch wird die angeführte Benennung oft nur für

*) Desfosses, Journ. f. prakt. Ch. Bd. XIII. S. 499.
*) Massoni, Journ. f. prakt. Ch. Bd. XVII. S. 353.

die neutralen Aethyloxydsalze gebraucht, während die sauren Weinsäuren od
Aethersäuren heißen. Der Aether verhält sich also gegen Säuren ganz wie ei
Base oder ein Metalloxyd; er verbindet sich mit 1 oder 2 At. der Sauer
stoffsäure, während er bei Berührung mit einer Wasserstoffsäure unter den geeign
ten Verhältnissen Wasser bildet und sein Radical C^4H^{10} mit dem Radical d
Säure sich vereinigt; auch bilden die letzteren Verbindungen zuweilen unmittelb
mit Wasserstoffsäuren wieder zusammengesetztere Aetherarten, wie es namentlich
dem Cyanwasserstoffäther ($C^4H^{10}Cy + CyH^2$), dem Mercaptan ($C^4H^{10}S + SH^2$)
der Fall ist. Man erhält die zusammengesetzten Aether gewöhnlich dadurch, d
man die Säuren mit dem Aether im Entstehungsmomente des letztern in Berühru
bringt; zuweilen erhält man die gewünschte Verbindung schon, wenn man Alko
mit der Säure zusammen destillirt, z. B. den Oxaläther; gewöhnlich aber m
oder wenigstens viel leichter und schneller, wenn man zu dem Alkohol außer
betreffenden Säure noch Schwefelsäure zusetzt und dann auf diese Mischung
Hitze einwirken läßt. Mehrere Aether der organischen Säuren lassen sich auch d
stellen, indem man in eine alkoholische Lösung derselben einen Strom von Chl
wasserstoffgas bis zur Sättigung der Flüssigkeit hineinleitet, darauf den gebilde
Aether durch Zusatz von Wasser abscheidet und der erforderlichen Reinigung un
wirft, z. B. der Aconitäther, Citraconäther, Hippursäureäther u. a., während
gegen andere sich nur bei Gegenwart der Schwefelsäure bilden, wie der Citronäth
Essigäther ꝛc. Die Verbindungen des Aethers mit Fettsäuren sind meistens f
stallinisch, ebenso wie die stickstoffhaltigen zusammengesetzten Aetherarten, wie
Pikrinsalpeterfäure-, Indigsäure-, Benzoesalpeter- und Zimmtsalpeter-Aether
schön krystallisirt darstellen lassen. — Bei Behandlung der Aetherarten mit Alka
hydrat zersetzen sich die erstern, indem das Alkali mit der Säure sich verbind
während das Wasser des Alkalihydrats mit dem Aether Alkohol bildet; ebenso
steht bei gleicher Behandlung der Wasserstoffsäureäther Chloralkali und Alko
Bei Einwirkung von Chlor oder Brom scheidet sich, je nach den Umständen
nach den verschiedenen Aetherarten, mehr oder weniger Wasserstoff aus, indem
dessen Stelle eine gleiche Atomenzahl von Chlor in die Verbindung eintritt.

E. W

Aetherisches Oel, flüchtiges Oel, wesentliches Oel, kommt
stens schon fertig gebildet in Pflanzentheilen und nur wenig in Thiertheilen
zuweilen bildet es sich erst durch gegenseitige Einwirkung verschiedener in
Pflanzen enthaltener Stoffe bei Berührung mit Wasser, wie das Senföl, Bit
mandelöl, Spiräaöl u. a., oder wird durch trockene Destillation aus organis
Gebilden erzeugt (empyrheumatische Oele). Die natürlich vorkommenden ätheris
Oele gewinnt man meistens durch Destillation der Pflanzentheile mit Wasser,
dessen Dampf sie, wenn auch ihr Siedepunkt weit über dem des Wassers li
mechanisch mit fortgerissen werden und in dem Kühlgefäße sich, je nach ihrem s
fischen Gewichte, entweder auf der Oberfläche des condensirten Wassers oder
dem Boden des Gefäßes ansammeln; einige, wie das Citronen- und Bergamo
erhält man auch schon durch Auspressen der dieselben einschließenden Subst
Manche der ätherischen Oele kommen in Verbindung mit Harzen als Balsame
und fließen als solche aus Bäumen aus; viele sind auch Gemenge oder Verbind
gen von festen fett- oder kampherartigen Körpern (Stearopten) mit flüssigen O
(Eläopten), welche beide Substanzen meist durch Kälte schon sich trennen las

der ſie beſtehen aus einem ſauren und einem indifferenten Oel (wie z. B. das Nelkenöl). Meiſtens ſind ſie im reinen friſch deſtillirten Zuſtande farblos, einige jedoch gelblich (Zimmtöl), andere grün (Cajeputöl) oder blau (Chamillenöl). Sie beſitzen einen ſtark aromatiſchen Geruch, ſind leicht entzündlich und brennen, wegen ihres hohen Kohlenſtoffgehaltes, mit leuchtender, ſtark rußender Flamme. Nach ihrem ſpecifiſchen Gewichte unterſcheiden ſie ſich als ſchwere, die im Waſſer zu Boden ſinken, und als leichte ätheriſche Oele, die auf der Oberfläche des Waſſers ſchwimmen; die letztere Claſſe bildet die Mehrzahl. Ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung nach kann man ſie in ſauerſtofffreie, ſauerſtoffhaltige und ſchwefelhaltige eintheilen. Gewöhnlich ziehen ſie aus der Luft leicht Sauerſtoff an, mit welchem ſie ſich verbinden und allmälig in braune oder ſchwarze Harze ſich verwandeln. In Weingeiſt und Aether ſind ſie leicht löslich, in Waſſer weniger, doch theilen ſie ihm ihren Geruch und Geſchmack mit. Die ſauerſtofffreien Oele ſind alle leichter als Waſſer; es gehören zu dieſer Claſſe unter andern das Terpentinöl, Templinöl, Wachholderöl, Elemiöl, Pomeranzenblüthenöl, Copaivabalſamöl, das indifferente Nelkenöl und Baldrianöl, das Olibanumöl u. a. Sie beſitzen alle eine Zuſammenſetzung, welche der Formel $^5/_8$CH entſpricht, obgleich die Anzahl der Atome nicht bei allen dieſelbe zu ſein ſcheint. Ebenſo zuſammengeſetzte Oele erhält man aus einigen ſauerſtoffhaltigen ätheriſchen Oelen, wenn man ſie mit Alkalien oder auch einigen Säuren der Deſtillation unterwirft, wie dies z. B. von Schweizer bei dem Kümmelöl, als er es mit Kali oder auch mit Phosphorſäure deſtillirte, gefunden wurde. Auch bilden die angeführten Oele zuweilen, wenn ſie unter geeigneten Umſtänden mit Waſſer in Berührung gelaſſen werden, Hydrate (ſo das Copaivaöl, Terpentinöl u. a.). Salpeterſäure oxydirt dieſe, wie überhaupt alle ätheriſchen Oele zu harzähnlichen, gelben oder braunen Maſſen, die gegen Metalloxyde meiſt als Säuren ſich verhalten und unlösliche Verbindungen mit ihnen eingehen. Zu den ſauerſtoffhaltigen Oelen gehört das Bittermandelöl, Zimmtöl, das ſaure Nelkenöl, Lorbeeröl, Bergamottöl, Roſenöl, Cajeputöl, Anisöl, Kümmelöl, Pfeffermünzöl, Lavendelöl u. a. Ihre Zuſammenſetzung iſt oft von der Art, daß man ſie als Oxydationsſtufen, oder Hydrate, oder als Oxydhydrate von einem Radical betrachten kann, das ebenfalls nach der Formel C^5H^8 zuſammengeſetzt iſt; jedoch haben manche, wie das Nelkenöl, Zimmtöl u. a., eine ganz andere Zuſammenſetzung. Das Bittermandelöl läßt ſich durch Oxydation vollſtändig in Benzoeſäure, wie das Zimmtöl in Zimmtſäure verwandeln. Schwefelhaltige Oele ſind namentlich das flüchtige Senföl, welches mit Ammoniak eine feſte kryſtalliniſche Verbindung eingeht, das Meerrettigöl, Knoblauchöl, Löffelkrautöl und Stinkaſantöl (Oleum Asae foetidae). E. W.

Aethrioſkop (v. d. griech. *αἰθρία*, der freie Himmel, und *σκοπεῖν*, beobachten) iſt ein von Wollaſton*) oder Leslie**) erfundenes, von Murray***) vervollkommnetes Inſtrument, welches den Zweck hat, die von der größeren oder geringeren Heiterkeit des Himmels abhängige Strahlung der Erde gegen den Himmel zu beobachten. Daſſelbe beſteht aus einem ungefähr 4 Zoll Durchmeſſer haltenden paraboliſchen Spiegel und einem höchſt empfindlichen Thermometer, deſſen

*) Edinb. Philos. Journ. N. IX. p. 176.
**) Edinb. Philos. Transact. T. VIII. p. 484.
***) Edinb. Philos. Journ. N. XII. p. 356.

Scala äußerlich am Gestelle des Instrumentes sich befindet, während die geschwärzt Kugel desselben im Brennpunkte des Spiegels steht. Der Spiegel ist nach obe gegen den Himmel gerichtet und mit einem leichten Metalldeckel verschließbar. Um zu beobachten, stellt man das Instrument mit geschlossenem Deckel im Freien au und wartet, bis das Thermometer desselben den gleichen Stand hat mit einem freie Thermometer, bis also das Instrument die Temperatur der es umgebenden Luft an genommen hat. Hebt man hierauf den Deckel von dem Spiegel, so ändert de mit diesem verbundene Thermometer seinen Stand. Es sinkt desto tiefer, je größe die Heiterkeit des Himmels ist. Bei wolkigem Himmel dagegen findet nicht selte ein Steigen des Thermometers statt. Der Stand desselben ändert sich, sowie d Anblick des Himmels sich verändert. Leslie wendet bei dem Aethrioskop se Differentialthermometer an *). Nobili **) hat vergleichende Beobachtung mit dem Aethrioskop und seinem Thermomultiplicator angestellt, welche zu Gunst des letzteren ausfielen, indem derselbe sich noch viel empfindlicher als das Aethri skop zeigte.

Aetzen ist im Allgemeinen das Zerstören der Oberfläche irgend eines Körpe durch auflösend auf denselben einwirkende Flüssigkeiten oder Dämpfe. Das Aetz wird für viele technische Zwecke angewandt und gewöhnlich ein Theil des zu ätze den Körpers durch einen sogenannten Aetzgrund gegen die Einwirkung des Ae mittels geschützt. Der Kupferstecher z. B. überzieht die Kupferplatte mit eine undurchsichtigen Firniß, führt mittelst einer Nadel die Zeichnung aus und ätzt di in die Platte ein, indem er auf die von dem Firniß befreiten Stellen verdünn Salpetersäure einwirken läßt; ebenso kann man eine Glasplatte mit Wachs übe ziehen und, nachdem man dasselbe von den betreffenden Stellen wieder weggenom men hat, auf diese mittelst Fluorwasserstoffsäure dauerhaft zeichnen. Auch der lith graphische Stein (Kalkstein) wird ebenso durch verdünnte Salpetersäure geät wenn man die Zeichnung auf denselben mittelst sogenannter lithographischer Kre aufgetragen hat, welche die Einwirkung der Säure auf die bezeichneten Stellen d Steines hindert. Zum Behufe der Darstellung von Lithographien bedient m sich oft einer Aetzflüssigkeit, welche aus 6 Theilen Chlorcalcium, 4 Th. Gumm 1 Th. Salzsäure und 19 Th. Regenwasser besteht. E. W.

Aetzkali, Aetzkalk ꝛc., s. Kali, Kalk ꝛc.

Affinität, s. Verwandtschaft.

Afterkrystall, s. Krystall.

Agens (v. d. lat. agere, in Bewegung setzen), Mehrzahl: Agentien, ein in den Naturwissenschaften häufig gebrauchter Ausdruck für: wirkende, ber gende Ursache oder Kraft. Auch bezeichnet man als Agens dasjenige selbst, was sich gewisser Beziehung als wirkende Ursache verhält. Reagens, Mehrzahl: Re gentien bezeichnet im Allgemeinen, was eine Gegenwirkung hervorbringt, u wird namentlich in der Chemie gebraucht. (S. d. Art.)

Aggregat (v. d. lat. aggregare, zusammenhäufen) nennt man (namentlich in d Mineralogie) ein Gebilde, welches aus einem Haufen verschiedener an einander haftend Körper besteht. In der Physik betrachtet man jeden einzelnen Körper als zusammengese

*) Nicholson's Anweisung zur Kenntniß ꝛc. aller Arten Thermometer ꝛc. 2. A 1833. S. 72.

**) Pogg. Ann. Bd. XXVII. S. 455.

aus einer Menge unter einander und mit dem Ganzen gleichartiger Theile, während man in der Chemie die Körper als aus den verschiedenartigsten Stoffen zusammengemischt sich vorstellt, so daß das Gemisch andere Eigenschaften besitzt als die Mischtheile und diese wieder unter einander durch besondere Eigenschaften sich unterscheiden. Eine Verschiedenheit der Körper in physikalischer Hinsicht findet daher zunächst nur statt in Bezug auf die Art des Zusammenhanges ihrer Bestandtheile. In dieser Rücksicht nun unterscheidet man drei Classen von Körpern, deren jeder eine eigenthümliche Art des Zusammenhanges der Bestandtheile zukommt, und entsprechend drei Aggregationsformen, Aggregationszustände, Aggregatzustände: feste Körper, flüssige Körper, ausdehnsame Körper. Die festen Körper sind aus ihren Bestandtheilen in der Art zusammengesetzt, daß diese in einer für jeden einzelnen Körper ganz bestimmten Folge um und neben einander liegen, auch nicht anders von einander getrennt werden können als gewaltsam und durch Zerstörung des Ganzen. Die Aneinanderhäufung der Bestandtheile bestimmt in ihrer Eigenthümlichkeit die besondere (individuelle) Gestalt jedes einzelnen Körpers. Dagegen liegen die Bestandtheile der flüssigen Körper um und neben einander, indifferent gegen den Platz, welchen sie im Ganzen einnehmen, können also mit Leichtigkeit verschoben werden, lassen sich von einander trennen und verbinden sich wieder. Hierbei zeigen dieselben ein Bestreben, die Kugelgestalt anzunehmen, Tropfen zu bilden; dies und das Gesetz der Schwere, welchem die flüssigen Körper gehorchen, indem ihre Bestandtheilchen über einander sich hinschieben, bestimmt dann die Gestalt der flüssigen Körper, welche eben deswegen nicht individuell sondern von den festen Körpern, welche sie umgeben (von den Gefäßen, in welchen die Flüssigkeiten aufbewahrt werden), abhängig ist. Oberwärts bildet sich an den flüssigen Körpern unter dem Einflusse der Schwere eine horizontale Oberfläche, der Spiegel oder das Niveau genannt. Die ausdehnsamen Körper endlich haben Bestandtheile, von denen jedes einzelne das Bestreben hat, ins Unendliche nach allen Richtungen sich auszudehnen, welchem Bestreben nur die Gesetze der Schwere, denen auch diese wie alle Körper unterworfen sind, entgegenwirken. Diese Bestandtheile sind nicht nur leicht über einander verschiebbar und einigen sich wieder, nachdem sie zuvor getrennt worden, sondern jedes einzelne drängt gegen alle übrigen nach allen Richtungen hin, so daß in jedem solchen Körper eine innere Spannung, ein von jedem Punkte in ihm ausgehender Druck nach allen Seiten herrscht. Sie sind daher ganz gestaltlos. Wir werden in den betreffenden Artikeln über die einzelnen dieser drei Classen der Körper und ihre eigenthümlichen Aggregationsformen noch ausführlich sprechen. Es scheiden sich aber die irdischen Körper nach den angegebenen Classen keineswegs in der Art, daß jeder irdische Körper ausschließlich nur in eine der genannten Classen gehörte; sondern die Körper gehen im Allgemeinen aus einer Aggregationsform in die andere über. Dies geschieht unter dem Einflusse der Wärme und des Druckes. Den Uebergang aus der festen Form in die flüssige nennt man Schmelzen; den Uebergang aus der flüssigen in die ausdehnsame Verdampfen oder Sieden; den Uebergang aus der ausdehnsamen in die flüssige Flüssigwerden oder Niederschlagen; den Uebergang endlich aus der flüssigen in die feste Form Erstarren, auch Gefrieren. Einer der bekanntesten, in allen drei Aggregationsformen vorkommenden Körper ist das Wasser. Dasselbe erstarrt oder gefriert zu Eis und verwandelt sich beim Sieden in Wasserdampf; dieser schlägt sich nieder zu Wasser, und das Eis schmilzt zu

Waſſer. Es iſt höchſt wahrſcheinlich, daß wir jeden irdiſchen Körper in jeder d drei Aggregationsformen würden darſtellen können, wenn wir diejenige Wärm und denjenigen Druck überall zu erzeugen vermöchten, welche nöthig ſind, um d einzelnen Körper in den betreffenden Aggregationsformen zu erhalten. Da wir ab nur innerhalb gewiſſer Grenzen die Erzeugung einer beſtimmten Wärme und ein beſtimmten Druckes ermöglichen können und in der irdiſchen Natur Wärme u Druck innerhalb noch engerer Grenzen variiren, da ferner die verſchiedenen Körp unter den allerverſchiedenſten Bedingungen der Wärme und des Druckes ihre A gregationsform ändern, ſo ſind uns viele von den irdiſchen Körpern nur in zw andere nur in einer Aggregationsform bekannt. Auch hierüber wird das Näh in den ſpeciellen Artikeln angeführt werden.

Zu den angegebenen drei Aggregationsformen, in welchen die irdiſchen Kör vorkommen, muß man noch eine vierte fügen, wenn man, wie häufig geſchieht, gewiſſe Erſcheinungen (des Lichtes, der Wärme, der Elektricität und des Magnet mus) zu erklären, die Vorſtellung einer ſinnlich nicht wahrnehmbaren Mate eines unwägbaren Stoffes annimmt. Eine ſolche Materie würde nicht mehr die Körper der drei oben erwähnten Aggregationsformen der Schwere unterw fen ſein. Vergl. d. Art. Aether, Himmelsluft.

Was wir gegenwärtig Aggregationsformen nennen, das bezeichneten die ten*) als Elemente (griech. στοιχεῖα). Keineswegs meinten ſie, wie ihnen Solchen nachgeſagt worden, die ſie nicht verſtanden, daß Alles aus Erde, Waſ Luft und Feuer in der Art beſtehe, daß die Dinge, welche im gemeinen Leben dieſen Namen bezeichnet werden, die Beſtandtheile aller Körper ausmachten; ſ dern ganz ſo wie wir die ausdehnſamen Körper häufig luftförmige oder wohl Luftarten nennen, weil die (atmoſphäriſche) Luft der bekannteſte derartige Kör iſt, ſo bezeichneten die Alten

durch Erde alle feſten Körper,

durch Waſſer alle flüſſigen Körper,

durch Luft alle ausdehnſamen Körper,

durch Feuer den der Schwere enthobenen problematiſchen Stoff, auf wel Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus auch ſchon von den Alten, ſo wei ſolche kannten, zurückgeführt wurden. Die Alten kannten auch die Umwandlun der Aggregationsformen in einander und wußten, daß dieſelben unter dem Einf der Wärme geſchähen, ſowie ſie endlich auch von der Schwere und der Ausd ſamkeit eine, wenn auch nicht ganz richtige, Vorſtellung hatten**).

Akronyktiſcher Auf- und Untergang, ſ. Aufgang und Unterg der Geſtirne.

Aktine, ſ. Aktinometer.

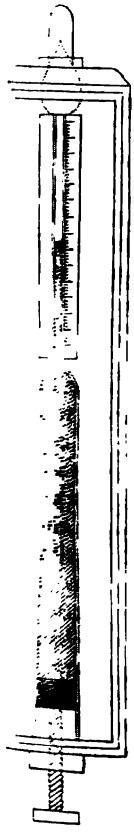
Aktinometer (v. d. griech. ἀκτίν, Strahl, und μετρεῖν, meſſen, alſo St lenmeſſer) nennt man verſchiedene von Herſchel, Pouillet und Becque angegebene Inſtrumente oder Apparate.

Das von J. F. W. Herſchel erfundene Inſtrument beſtimmt die er

*) Die Vorſtellung von den vier Elementen iſt uralt, die Griechen haben ſie keines zuerſt aufgeſtellt, ſondern aus unvordenklicher Zeit überkommen.

**) Vgl. Marbach, Geſchichte der griech. Philoſophie S. 74. 269. Bieſe, Phil phie des Ariſtoteles Bd. II. S. 59 ff.

wende Kraft der Sonnenstrahlen zu messen. Kämtz, welcher mit einem solchen Instrumente Beobachtungen auf dem Faulhorn angestellt, beschreibt dasselbe und giebt nach einem von Herschel selbst niedergeschriebenem Aufsatze Anweisung zu dem Gebrauche desselben*). Das Aktinometer besteht aus einem großen hohlen Glascylinder; an das eine Ende desselben ist eine Thermometerröhre geschmolzen, die an ihrem obern Theile eine zu einer Spitze ausgezogene Kugel trägt; diese dünne Spitze ist abgebrochen, so daß die Luft frei in die Röhre treten kann. An das andere Ende des Cylinders ist eine Messinghülse gekittet, durch welche eine gut schließende Schraube hindurchgeht, an deren oberem Ende sich ein Kolben befindet, der sich im Innern des Cylinders vermittelst der Schraube auf und ab bewegen läßt. Der Cylinder wird nun mit einer dunkel gefärbten Flüssigkeit (wahrscheinlich eine dunkelblaue Solution eines Kupfersalzes, schwefelsaures Kupferammoniak) gefüllt; wird dann die Kugel an dem Ende der Thermometerröhre voller Luft gelassen und darauf mit etwas Wachs zugeschmolzen, so hat man ein sehr empfindliches Thermometer, an welchem man eine Scale anbringen kann. Der Cylinder wird nun in einem inwendig geschwärzten Kasten befestigt, welcher zur Abhaltung von Luftströmungen durch eine Platte von dickem Spiegelglase geschlossen wird. Der Zweck der Schraube besteht darin, die innere Capacität des Cylinders nach Belieben zu ändern, indem man dafür sorgt, daß das Ende der in der Thermometerröhre enthaltenen Säule weder in den Cylinder zurücktritt, noch in die Kugel hinaufsteigt. Soll nun das Instrument gebraucht werden, so untersucht man zuerst, ob sich nicht etwa Luftblasen im Innern des Cylinders befinden, was man am sichersten durch Neigung des Instrumentes kennen lernt. Sind solche vorhanden, so wird das Instrument vertical gehalten und durch Drehung der Schraube die Flüssigkeit in die am Ende der Thermometerröhre befindliche Kugel getrieben; ist damit zugleich die Luftblase angekommen, so wird die Schraube zurückgedreht, wobei man darauf zu achten hat, daß die Flüssigkeit eine zusammenhängende Säule bildet. Der wenig von dieser, welches durch Capillarität an den Wänden festgehalten wurde, mag sich vielleicht zu kleinen Tropfen vereinigen; sind diese in nicht zu großer Zahl vorhanden, so verdienen sie keine Beachtung, nur beobachte man stets das Ende der ungetrennten Säule; sind aber viele vorhanden, so muß man die erste Operation wiederholen und die Luft durch Drehen der Schraube entfernen. Im Allgemeinen ist es vortheilhaft, über der ungetrennten Säule eine Luftblase zu lassen, welche eine Länge von etwa $^1/_4$ Zoll hat, jenseits welcher sich ein Tropfen von



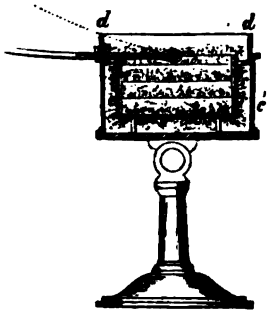
*) Kämtz, Meteorologie Bd. III. S. 15 ff. Vgl. L'Institut. 1834. N. 74. Pogg. Ann. Bd. XXXII. S. 661. Ueber den Gebrauch des Instruments s. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XCV. p. 207 ff.

etwa einem halben Zolle befindet. Iſt das Aktinometer ſo weit vorgerichtet, d
die ganze Maſſe des Fluidums zuſammenhängend iſt, ſo ſtellt man es ſo auf, d
der Cylinder horizontal liegt und daß die Sonnenſtrahlen genau ſenkrecht auf d
Glasdeckel des oben erwähnten Kaſtens fallen. Iſt dieſes der Fall, ſo iſt der Ei
fallswinkel der ankommenden Strahlen ſtets derſelbe, und der Verluſt beim Dur
gange durch die Glasplatte iſt zu allen Zeiten derſelbe aliquote Theil der urſprün
lichen Lichtmenge. Stehen die einzelnen Seiten des Kaſtens genau ſenkrecht
einander, ſo iſt es ſehr leicht, dieſe Lage zu finden, man darf das Inſtrument n
ſo lange verrücken und ihm durch untergelegte Klötzchen eine ſolche Neigung geb
daß keine der Seitenflächen einen Schatten wirft. Wird das Inſtrument erſt
Sonne ausgeſetzt, ſo läßt man dieſe einige Minuten darauf ſcheinen, indem m
die Schraube gleichzeitig dergeſtalt dreht, daß die Säule etwa in der Mitte
Scale liegt, und beginnt nun erſt die Beobachtungen. Sollte im Laufe der Be
achtungen die Flüſſigkeit ſich ſo ausdehnen oder zuſammenziehen, daß das Ende
Säule in den Cylinder oder in die Kugel treten könnte, ſo muß man jedesmal
Schraube ſo drehen, daß es in der Thermometerröhre bleibt. — So iſt das A
nometer nur ein Thermometer, deſſen Grade bei der großen Capacität des Gefä
eine bedeutende Länge haben, ſonſt aber durchaus willkürlich ſind. Herſ
läßt die Scale in 100 gleiche Grade theilen, indem er den Nullpunkt an dem ne
dem Cylinder befindlichen Ende anbringt. Wollte man vermittelſt deſſelben
wahre Temperatur kennen lernen, ſo müßte die Scale ſehr lang ſein und dad
würde es ſehr an Bequemlichkeit verlieren, deshalb hat Herſchel dem Cylin
einen beweglichen Boden gegeben, um ſeine Capacität dadurch zu ändern. —
Stand, welchen das Aktinometer annimmt, hängt zugleich von der Temperatur
Luft und von der Wirkung der Sonnenſtrahlen ab. Wäre es kälter als die L
ſo würde es ſchon durch Einwirkung der letztern ſteigen, ohne daß man wüßte,
dieſe Ausdehnung der Flüſſigkeit von der bloßen Wirkung der Sonnenſtral
herrührte; ſollte aber ſeine Temperatur höher ſein, als die der umgebenden L
ſo würde es durch Ausſtrahlung erkalten und in der Sonne nicht ſo bedeutend
gen, als es ohne dieſen Umſtand der Fall geweſen ſein würde. Um dieſe be
Wirkungen von einander zu trennen und die Stärke des Sonnenlichtes ganz
zu erhalten, beobachtet man etwa eine Minute die Aenderung des Inſtrumentes
Schatten, hierauf ebenſo lange in der Sonne, und endlich wieder im Schat
Man erhält dadurch die von der Temperatur der Umgebung erzeugte Vermehr
oder Verminderung in den Angaben des Aktinometers während der erſten und dri
Minute; das Mittel beider iſt die Größe der Aenderung, welche unter glei
Umſtänden in der zweiten Minute gefunden ſein würde. Wäre das Inſtrumen
der erſten und dritten Minute geſtiegen, ſo würde es auch in der zweiten Mi
im Schatten geſtiegen ſein, und die Größe, welche man während dieſer in
Sonne fand, iſt mithin größer als die bloß von der Einwirkung des Sonnenli
herrührende; man muß deshalb das Mittel der in der erſten und dritten Sec
erhaltenen Größen von der Aenderung in der zweiten Secunde ſubtrahiren.
dieſe Beobachtungen im Schatten mit Leichtigkeit vorzunehmen, genügt es,
hölzerne oder metallene Platte dergeſtalt zu halten, daß der Kaſten, in welchem
Cylinder liegt, ganz beſchattet wird. — Die Dauer des kleinen Zeitinterva
während deſſen die Wirkung der Sonnenſtrahlen beobachtet wird, iſt im Allge
nen gleichgültig; Herſchel empfiehlt dazu in der bereits erwähnten handſch

lichen Instruction das Intervall einer Minute. — Aus mehreren Reihen von Versuchen weist Kämtz nach, daß der Gang des Instrumentes erst dann gleichförmiger wird, wenn es etwa 50 Secunden hindurch der Erwärmung in der Sonne oder der Erkaltung im Schatten ausgesetzt war, und daß es daher keineswegs gleichgültig ist, wie lange die Beobachtung jedesmal fortgesetzt wird, wofern die zu verschiedenen Zeiten gemachten Messungen mit einander verglichen werden sollen. Diese Erscheinung scheint mit demjenigen im Widerspruche zu stehen, was anderweitige Erfahrungen über die Erwärmung oder Erkaltung der Körper lehren. Gewöhnlich nämlich ist der Verlust oder Gewinn an Wärme im Anfange schneller, als später, wo der Unterschied zwischen den Temperaturen des Körpers und des umgebenden Mittels geringer wird. Indessen würde letzteres Gesetz unstreitig auch dann stattfinden, wenn man das Aktinometer längere Zeit der Sonne oder der Beschattung aussetzte. In den ersten Secunden, wo das Instrument von der Sonne beschienen wird, wirkt die Wärme zunächst auf den Cylinder, dieser erhält dadurch eine verhältnißmäßig größere Capacität, und so steigt die Flüssigkeit langsamer als sonstwo. Es findet also hier genau derselbe Umstand statt, welchen man bei empfindlichen Thermometern wahrnimmt, indem diese bei plötzlicher Erwärmung oder Erkaltung in dem ersten Momente etwas sinken oder steigen und erst später dem gewöhnlichen Gang befolgen.

Die Grade des Aktinometers sind willkürlich, können aber auf eine gemeinschaftliche Einheit zurückgeführt werden, deren allgemeine Einführung Herschel vorschlug. Die Regel ist folgende: man multiplicire die Scalentheile mit 6,1, so ist das Product die Strahlung in Aktinen. Unter Aktine versteht Herschel somit die Intensität der Sonnenstrahlung, welche bei senkrechtem Einfallen der Strahlen hinreichen würde, in einer Minute mittlerer Zeit eine Ein Milliontheil Zoll dicke Eisschicht zu schmelzen, wenn dieses Eis horizontal ihrer Wirkung ausgesetzt wäre.

Verschieden von dem eben beschriebenen Instrumente ist das Aktinometer, welches Pouillet angegeben und benutzt hat, um die Zenithaltemperatur zu bestimmen, d. h. diejenige Temperatur, welche von dem Weltraum und den die Atmosphäre bildenden Luftschichten dem Thermometer mitgetheilt wird. Pouillet beschreibt das Instrument wie folgt*). Es besteht aus vier Ringen von zwei



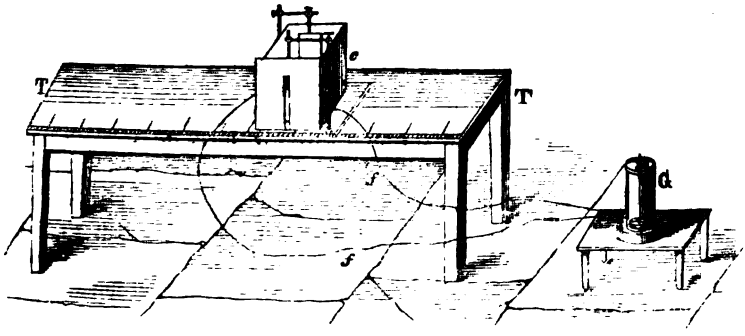
Decimeter im Durchmesser, welche mit Schwanenflaum gefüttert sind und über einander liegen, damit der Flaum keine Pressung erleidet; das Schwanenfell selbst bildet den Boden jedes dieser Ringe. Dieses System ist eingeschlossen in einen ersten Cylinder c von Silberblech, gleichfalls mit Schwanenfell überzogen und in einen zweiten weiteren Cylinder c' gestellt. In der Mitte des obersten Flaums ruht (mit der Kugel) ein Thermometer; der Rand d hat eine solche Höhe, daß das Thermometer nur zwei Drittheile der Hemisphäre des Himmels überschaut. Dieser Rand ist mit Löchern durchbrochen in gleicher

*) Pouillet, Elém. de physique. Liv. VIII. chap. 1. Pogg. Ann. Bd. XLV. S. 489.

Höhe mit dem Flaum, damit die kalte Luft regelmäßig abfließe. Dieser Appa
wird während der Nacht der Strahlung des Himmels ausgesetzt und man beobach
von Stunde zu Stunde das Thermometer desselben und ein in seiner Nähe befi
liches Thermometer, welches frei in der Luft hängt, einen halben Meter über d
Boden. Aus der Differenz der von beiden Thermometern angegebenen Tempe
turen oder der Temperaturerniedrigung des Aktinometers, d. h. aus der Anz
von Graden, um welche das Thermometer des Aktinometers hinter dem and
zurückbleibt, leitet man die Zenithaltemperatur ab. Hierzu muß aber mit d
Apparat eine besondere Gradtheilung vorgenommen werden. Wenn das Akti
meter eine unbegrenzte Oberfläche hätte und im leeren Raume sich befände unter ein
halbkugelförmigen Gewölbe, welches eine gleichbleibende Temperatur hätte,
würde es offenbar die Temperatur dieses Gewölbes annehmen. Da es aber
Gegentheil bei seiner wirklichen Gestalt nur zwei Drittheile der Hemisphäre üb
schaut und von einer Luftschicht umgeben ist, welche es erwärmt, so muß es si
während eine höhere Temperatur haben als die des Gewölbes ist. Die Gradti
lung ist nun dazu bestimmt, anzugeben, um wie viel es erwärmt ist, in der Art, daß n
nur seine Temperatur und die der umgebenden Luft zu kennen braucht, um dar
die Temperatur des Gewölbes (der Himmels-Hemisphäre) abzuleiten, mit welc
es die strahlende Wärme austauscht. Man übersieht, daß ein einfaches Verh
niß zwischen der Temperatur des Gewölbes und der Temperaturerniedrigung
Aktinometers stattfinden muß. Um dieses Verhältniß zu entdecken, hat Pouil
ein künstliches Himmelsgewölbe mit Hülfe eines Gefäßes von Zink hergestellt,
einen Meter im Durchmesser hatte und auf drei dünnen, zwei Meter hohen Säu
stand. Dieses Gefäß, dessen Inneres geschwärzt wurde, war mit einer es bis
— 20° erkältenden Mischung gefüllt, und das Aktinometer war dann senkr
darunter gestellt worden, in solchen Abständen, daß das Thermometer desse
nach einander $^1/_4$, $^1/_3$ und $^2/_3$ der Halbkugel überschaute. In jeder dieser Stell
gen ward abgewartet, bis sich das Gleichgewicht der Temperaturen hergestellt ha
und die gleichzeitige Temperatur der umgebenden Luft und die des Apparates
gezeichnet. Aehnliche Beobachtungen bei Temperaturen (des künstlichen Himm
gewölbes) von 0° und bei andern zwischen 0 und — 20° liegenden Temperatu
führten zu folgendem Resultate: wenn man von der umgebenden Temperatur (we
das freie Thermometer anzeigt) $^9/_4$ der Temperaturerniedrigung des Aktinome
abzieht, so findet man stets die Temperatur des künstlichen Himmels. Auf
sprechende Weise läßt sich nun nach Pouillet die Zenithal-Temperatur berech
Zeigt also z. B. das freie Thermometer die Temperatur der Luft 5°,5, das Th
mometer des Aktinometers — 2,3, so ist die Differenz beider, d. h. die Tempe
turerniedrigung des Aktinometers 5°,5 — (— 2°,3) = 7°,8; davon $^9/_4$
nommen giebt $\frac{7,8 \times 9}{4} = 17,55$ und diese von der Lufttemperatur abgezo
giebt die Zenithal-Temperatur 5,5 — 17,55 = — 12°,05.

Das elektrochemische Aktinometer von Edmund Becquerel ist
Apparat zur Untersuchung der chemischen Wirksamkeit, welche das Licht auf gew
Substanzen ausübt; und zwar zeigt der Apparat den elektrischen Strom an,
iodirte Silberplatten erzeugen, wenn die farbigen Strahlen des Spectrums auf
fallen und eine Zersetzung des Silbers hervorbringen. Der Apparat besteht

folgenden Theilen *). Ein Tisch T von zwei bis drei Meter Länge ist mit einem getheilten Lineal versehen, längs welchem mit geringer Reibung ein quadratisches



Brett verschiebbar ist, worauf ein Gefäß c mit Wasser steht. Dieses Gefäß, dessen vier Seiten geschwärzt sind, bildet einen Würfel von einem Decimeter Seite; es ist erfüllt mit einer verdünnten Lösung von Glaubersalz oder irgend einem andern, die Elektricität leitenden Salz, und darein tauchen zwei dünne Silberplatten, jede von 25 Quadratcentimeter, die durch Silberdrähte an zwei kupfernen Ständern befestigt sind. Diese auf dem Brete befestigten Ständer verbinden die Platten mit den Enden f f eines sehr empfindlichen langdrahtigen Galvanometers G. Vor diesem Gefäß, auf dem Bret, sind zwei Schirme aufgestellt. Einer derselben ist von Leder und hat eine aufrechte, rechteckige Oeffnung von einem Centimeter Breite auf der Höhe des Gefäßes. Diese Oeffnung entspricht der Mitte des Gefäßes, so daß, wenn man den Schirm beleuchtet, nur der unmittelbar hinter der Oeffnung befindliche Theil der Silberplatte erhellt und von der Strahlung getroffen wird. Diese Oeffnung kann breiter und enger gemacht werden, indem zwei Metallstreifen angebracht sind, die man einander nähern oder von einander entfernen kann. Der andere, ganz undurchsichtige und weiß angestrichene Schirm steht dicht vor dem eben genannten, wenn man jede Wirkung der Strahlung auffangen und den auf die Mitte der Oeffnung des ersten Schirms fallenden Theil des Sonnenspectrums kennen lernen will. Das Wasser in dem Gefäß muß nur wenig leitend sein, denn die Erfahrung zeigt, daß, je besser dasselbe die Elektricität leitet, desto geringer die Intensität des Stromes sei. Das Aktinometer muß in einem verfinsterten Zimmer stehen, in welches das Licht nur durch den Schieber im Fensterladen eindringen kann, und der Multiplicator muß sich wo möglich in einem andern Zimmer befinden. Man erhellt das Zimmer durch eine brennende Kerze, doch so entfernt vom Apparat, daß deren Einfluß den der Sonnenstrahlen nicht unterstützen kann. Nachdem man die Silberplatten wohl gesäubert hat, setzt man sie dem Joddampfe aus, bis, wie gewöhnlich, die Jodsilberschicht eine gelbliche Farbe angenommen hat. Bei einiger Uebung gelingt es leicht, die Platte immer bis zu demselben Grade zu iodiren; man darf sie nur bei Kerzenlicht betrachten, indem die Sonnenstrahlen sie schnell verändern würden. Sind die Platten iodirt, so taucht man sie in das

*) Becquerel, traité de physique. T. II. p. 512. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 591 ff.

Gefäß; eine der iodirten Oberflächen muß dem Ausschnitt in dem Schirm zugewand
sein, die andere aber einer der geschwärzten Seiten des Gefäßes, damit sie nich
durch chemische Strahlung verändert werde. Durch Befestigung an die Kupfer
ständer werden nun die Platten mit dem Multiplicator verbunden. Im erste
Augenblick entsteht ein ziemlich kräftiger elektrischer Strom und in Folge desse
eine Ablenkung der Magnetnadel des Multiplicators, entspringend aus der Nicht
homogeneität der Platten. Wenn man aber den Apparat ein oder zwei Stunde
stehen läßt, so kommt die Nadel auf Null oder auf einige Grade rechts oder link
davon zurück. Wäre nur eine Platte iodirt worden, so würde man anfangs eine
zu starken elektrischen Strom gehabt haben, der, außer daß er die Nadel hätte d
magnetisiren können, dieselbe auch zu lange abgelenkt und damit die Anstellun
der Versuche verhindert haben würde. Das Beste ist, die Platten sogleich na
ihrer Eintauchung in die Flüssigkeit, ehe man sie mit dem Multiplicator verknüpf
unter sich zu verbinden, um die Polarisation der Elektroden zu schwächen. Wen
man experimentiren will, so muß man einen ganz heiteren Himmel abwarten, d
mit während der ganzen Dauer des Versuchs, d. h. während zwei oder drei Stu
den, vergleichbare Resultate erhalten werden. Gesetzt nun, die Galvanometernad
stehe still. Steht sie auf Null, und erfolgt nun durch Einwirkung der chemisch
Strahlen auf den Jodsilber-Ueberzug der hinter der Oeffnung des Schirms befin
lichen Platte ein elektrischer Strom, so wird die Nadel abgelenkt, und man bere
net nach der Tafel aus der Größe des ersten Impulses die entsprechende Intensit
des elektrischen Stroms. Bliebe die Nadel auf 10° stehen und würde sie durch d
ersten Impuls des Stroms auf 30° geführt, so wäre die Intensität des Strom
gleich dem Unterschiede der Intensitäten, welche die Nadel von 0° auf 30° und v
0° auf 10° getrieben hätten, d. h. in diesem Falle = 33,3 — 10 = 23,
Hierbei muß man die Strahlen nicht länger auf die hinter dem Schirm befindlic
Platte wirken lassen, als nöthig ist, damit die Nadel durch den ersten Impuls a
weiche. Um nicht zu stark auf die Platte zu wirken, muß man gleich darauf e
weder den Schieber im Fensterladen schließen oder den Schirm vor die Platte stelle
Gesetzt nun, die Galvanometernadel stehe nach diesen Vorsichtsmaßregeln still, d
Sonnenspectrum eines Flintglasprisma's sei ebenfalls feststehend und die Pla
außerhalb der Wirkung der Strahlen, so daß, wenn man das Gefäß längs d
Scale verschiebt, der rothe Theil des Spectrums zuerst auf die Metallplatte fie
Hält man mit dem Fortschieben des Gefäßes inne, wenn der hinter der Oeffnu
des Schirms befindliche Theil der Platte in das Roth gekommen ist, so wird d
Nadel nicht aus ihrer Lage weichen; bringt man ihn hierauf successiv in das Oran
oder Gelb, so hat man nur eine schwache Ablenkung der Galvanometernadel, hö
stens von 2°; erst wenn jener Theil in die blauen Strahlen gelangt, wird d
Ablenkung beträchtlicher, und sie erreicht ihr Maximum nahe an der Grenze d
Indigo und Violett. In diesem Augenblicke wird also die chemische Action a
ihrem Maximum sein. Die Ablenkung kann, je nach der Zubereitung der Plat
20 bis 30° erreichen. Jenseits im Spectrum nimmt die Wirkung wieder ab,
daß sie in einem gewissen Abstande vom Violett vollkommen Null sein wir
Schiebt man das Gefäß zurück, das Bret immer gegen die Scale haltend, so füh
man es wieder in das Spectrum und zuerst in das Violett. Dann findet man
den brechbarsten Strahlen bis zu den blauen wieder dieselben Ablenkungen für di
selben Stellungen des Aktinometers, wie man leicht aus der Scale ersieht. Rü

man aber bis zum Grün vor, so erhält man eine stärkere Wirkung als zuvor in denselben Strahlen. Gleiches gilt vom Gelb, Orange und Roth; allein an der Grenze des Gelb und Grün erhält man eine größere Ablenkung als in den grünen oder rothen Strahlen. Hier zeigt sich also eine Wirkung in dem wenigst brechbaren Theile des Spectrums, da, wo vorhin sich keine äußerte. Dies rührt davon her, daß das Jodsilber beim ersten Versuch noch keinen Eindruck erfahren hatte, daß es aber beim zweiten schon der Wirkung der brechbarsten Strahlen ausgesetzt gewesen und daher empfänglich war für die Wirkung der anderen Strahlen, die Becquerel fortsetzende nennt. Setzt man die Platte abermals den violetten Strahlen aus und führt sie von da in die wenigst brechbaren, so findet man für dieselben Stellungen des Aktinometers beträchtlichere Ablenkungen als das zweite Mal, während man in den brechbarsten Strahlen sehr nahe dieselben Zahlen erhält. Eine neue Einführung der Platte in die verschiedenen Theile des Spectrums giebt die nämlichen Resultate, d. h. je mehr die Substanz bereits vom Licht verändert worden ist (impressionné), desto stärker ist die Wirkung der wenigst brechbaren oder fortsetzenden chemischen Strahlen. Diese Verstärkung geht bis zu einer gewissen Grenze, so daß sie die Maximum-Wirkung der erregenden oder brechbarsten übertrifft. Sorgt man dafür, daß bei jedem Versuche das dem untersuchten Theil des Spectrums ausgesetzte Stück der Platte in diesem nicht länger bleibe, als zur Vollendung eines Ausschlags der Nadel erforderlich ist, so verändert sich das Jodsilber wenig, und man erhält dieselbe Platte giebt, bei oftmaliger Beleuchtung unter denselben Umständen, nahezu dieselbe Ablenkung.

Akumeter (v. d. griech. ἀκούειν, hören, und μετρεῖν, messen) nennt Itard*) ein von ihm angegebenes Instrument, welches bestimmt ist, vergleichbare Bestimmungen über den Grad der Leichthörigkeit oder Schwerhörigkeit einzelner Menschen anzustellen. Das Instrument besteht aus einer Säule von Holz, von der oben ein horizontaler Stab ausgeht, von welchem ein Stäbchen nach unten reicht, das an seinem unteren Ende einen kupfernen Ring trägt. Vor dem Ringe hängt eine Metallkugel an einem zweiten Stäbchen, das oberwärts durch ein Charnier an die Säule so befestigt ist, daß es in einem beliebigen Winkel gehoben werden kann. Ein Quadrant dient, um diesen Winkel zu messen. Hebt man nun das Stäbchen mit der Kugel um einen beliebigen Winkel und läßt es dann los, so schlägt die Kugel gegen den Ring und dieser giebt einen Ton, welcher um so stärker ist, je größer der Winkel war, um welchen das Stäbchen mit der Kugel aus der lothrechten Stellung entfernt worden war. Will man nun die Hörfähigkeit einer Person mit diesem Instrumente prüfen, so stellt man es in einer beliebigen Entfernung, welche aber genau gemessen werden muß, von jener Person auf. Man instruirt die Person, daß sie durch ein Zeichen es andeuten muß, so oft sie einen Ton des Ringes hört. Hierauf giebt man erst stärkere, dann schwächere Schläge, entfernt das Instrument wo nöthig noch weiter, und setzt auf diese Weise fest, in welcher Entfernung und bei welcher Tonstärke (nach der Größe des Winkels, um welchen die Kugel aufgehoben wurde) das Gehör der betreffenden Person zu versagen anfängt. Mit einem solchen Instrumente hat Freycinet über die Hörfähigkeit der Wilden Beobachtungen gemacht.

Akustik (v. d. griech. ἀκούειν, hören) ist diejenige physikalische Wissenschaft,

*) Kastner's Archiv. Bd. VII. S. 206.

welche sowohl die Gesetze, nach denen das Hören geschieht, als auch diejenige enthält, nach welchen irgend ein Ton, Schall, Klang hervorgebracht wird und nac denen die Töne selbst zu einem angenehm oder unangenehm das Ohr treffende Ganzen verbunden werden. Literatur: Akustik von E. F. Chladni. Leipz. 180 — Beiträge zur Akustik von Chladni. Leipz. 1817. — Traité d'Acoustiqu par E. F. Chladni. Paris 1809. (Von Chladni selbst verbesserte Ausg.) – Kurze Uebersicht der Schall- und Klanglehre nebst einem Anhange, die Entwicklun und Anordnung der Tonverhältnisse betreffend, v. E. F. Chladni. Mainz 182 — Weber's Wellenlehre. Zweiter Haupttheil. — Akustik, bearbeitet v. H. Bindseil. Potsdam 1839. Vergl. d. Art. Ton.

Alaun nennt man ein Doppelsalz, bestehend aus 1 At. schwefelsaurem Kal 1 At. schwefelsaurer Thonerde und 24 At. Wasser; statt des Kali kann auch Am moniak (Ammoniakalaun) oder Natron (Natronalaun) und statt d Thonerde Eisenoxyd (Eisenalaun) oder Chromoxyd (Chromalaun) zug gen sein, ohne daß die Krystallform und die Grundformel der Verbindung dadur verändert wird (s. d. Art. Isomorphie). Der Alaun krystallisirt gewöhnl in regulären und oft sehr vollständigen Oktaedern, und nur eine Sorte des so nannten römischen Alauns (so heißen alle Sorten, die aus Italien in d Handel kommen) kommt in Würfeln krystallisirt vor. Der Alaun kann mit Vo theil aus allen Erdarten und Steinen dargestellt werden, welche nebst Thone eine nicht unbedeutende Menge von Schwefelsäure und Alkali enthalten, die mitte Wasser sich ausziehen lassen; zu der erhaltenen Lauge muß man, je nach ihr Gehalte, oftmals Schwefelsäure oder alkalische Substanzen zusetzen, um eine hinr chende Menge Alaun bei dem Eindampfen und der Krystallisation zu erhalten. G wöhnlich enthalten die Alaunerze (Alaunerde, Alaunschiefer, Alaunstein), i in allen Gebirgsformationen sehr verschiedenen Alters vorkommen, Schwefelkies u müssen deswegen vor dem Auslaugen erst einem Oxydations- oder Röstproceß unt worfen werden, welches auf die Art geschieht, daß man die Erze an der Luft ent der langsam von selbst sich oxydiren läßt, wobei sie oft so viel Wärme entwick daß sie vermöge ihres zuweilen bedeutenden Bitumengehaltes sich entzünden, oder man die Oxydation durch künstliche Wärme und durch Vermengung mit dem erfor lichen Brennmaterial unterstützt, welches man nach dem Anzünden langsam die Erze einwirken läßt. Meist richtet man bei der Fabrikation des Alauns s sein Augenmerk auf die Darstellung einer Lösung von schwefelsaurer Thone aus dieser erhält man durch Zusatz von alkalihaltigen Substanzen und Eindam das Alaunmehl, welches durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt wird und Alaun in den Handel kommt. Von den verschiedenen Sorten des Alauns ist römische (namentlich der, welcher zu Tolfa im Kirchenstaat aus dem Alaun gewonnen wird) der beste; er enthält kein oder nur sehr wenig Eisenoxydul Eisenoxyd, welches für die Anwendung desselben als Beizmittel in der Schön berei von Wichtigkeit ist. Aus dem gewönlichen Alaun läßt sich ebenfalls Eisengehalt meistens durch Umkrystallisiren völlig entfernen. E. W

Albit, s. Feldspath.

Alcaraza ist ein thönernes schwammiges Gefäß, welches die Spanier von Mauren erhalten haben; dasselbe besteht aus einer am Feuer gehärteten Th art, durch welche ein Theil des im Gefäß enthaltenen Wassers ausschwitzt und d sein Verdunsten an einem luftigen Orte (wo durch stetes Hinweggeführtwerden

durchgedrungenen Theile die Verdunstung befördert wird) das Wasser im Gefäß kühl erhält. Die Form des Gefäßes ist ungleich bauchig mit einem engen, oben sich wieder erweiternden Halse. Es ist etwa einen Fuß hoch und seine größte Ausdehnung in der Mitte 0,5 Fuß. Die gewöhnliche Art ist von gelbbrauner, eine theurere aber, welche dem Wasser einen angenehmen Geschmack geben soll, von rother Farbe.

Alhidade oder Absehenlineal nennt man ein Lineal, welches bei Winkelmessern um den Mittelpunkt des eingetheilten Kreises herumbewegt werden kann und an welchem, um die Richtung nach einem bestimmten Punkte zu erhalten, entweder ein Fernrohr oder zwei Absehen, Dioptern, so verbunden sind, daß eine durch beide Dioptern und durch den Gegenstand gehende gerade Linie oder die optische Axe des Fernrohrs den Mittelpunkt der Kreistheilung trifft. Dioptern sind zwei auf der Ebene des Lineals senkrecht aufgerichtete Platten von Messing; in der einen befindet sich eine Oeffnung, in welcher ein Haar oder ein Faden senkrecht gespannt ist (Objectiv-Diopter), in der andern sind Löcherchen zum Durchsehen (Ocular-Diopter); durch letztere sieht man nach dem Punkte, nach welchem das Lineal gerichtet werden soll, und stellt das Lineal so, daß der Punkt von dem Haare im Objectiv-Diopter bedeckt erscheint.

Alkali (von dem arabischen Artikel al und kali, welches Salz aus der Asche gewisser Pflanzen bedeutet), Laugensalz, ist, im weitesten Sinne genommen, jede in Wasser und Weingeist lösliche Basis. Die Alkalien stellen die durch Säuren gerötheten blauen Pflanzenfarben wieder her, färben mehrere derselben, wie die Veilchen- und Veilchentinctur, grün und verwandeln die gelbe Farbe von Curcuma und Rhabarber in Braun, die braunrothe Farbe des Fernambuks in Violett, die ähnliche Abkochung des Campecheholzes in Roth. Die verdünnten Auflösungen besitzen einen laugenartigen Geschmack; concentrirt und im trocknen Zustande wirken sie brennend und ätzend, weswegen man sie auch ätzende oder kaustische (griech. καυστικός von καίειν, brennen) Alkalien nennt, im Gegensatze gegen die milden Alkalien, mit welchem Namen ihre Verbindungen mit Kohlensäure bezeichnet werden. Insofern man alle in Wasser lösliche Basen in die Classe der Alkalien zusammenfaßt, kann man sie in drei verschiedene Abtheilungen bringen: 1) Eigentliche Alkalien, die vorzüglich scharf und ätzend sind und mit Kohlensäure in Wasser sehr lösliche Salze bilden. Hierher gehören Kali, Natron, Lithion und Ammoniak. Das Kali nannte man früher vegetabilisches, das Natron mineralisches Alkali, weil das erstere hauptsächlich aus der Asche der Pflanzen, das letztere aus dem Kochsalz oder Chlornatrium dargestellt wurde; sie nennt man auch fixe Alkalien, im Gegensatze zu dem Ammoniak oder dem flüchtigen Alkali. 2) Alkalische Erden, oder Baryt-, Strontian-, Kalk- und Talkerde, besitzen die Eigenschaften der Alkalien in minder hohem Grade und bilden mit der Kohlensäure Verbindungen, die in reinem Wasser fast ganz unlöslich und geschmacklos sind. 3) Organische Alkalien oder Alkaloide, die von den vorhergehenden sehr verschiedene Eigenschaften zeigen und für sich in dem Artikel Basen, organische, abgehandelt sind. E. W.

Alkalimeter ist ein Apparat, mit dessen Hülfe man den Gehalt einer käuflichen Pottasche oder Soda an kohlensaurem Kali oder Natron bestimmen und auf diese Weise den Werth derselben erfahren kann, da die gewöhnlich vorkommenden Verunreinigungen, wie schwefelsaures Kali und Natron, Chlorkalium, Chlor-

natrium, kieſelſaures und phosphorſaures Kali und Kalkerde, auch Kieſelerde, Eiſenoxyd ꝛc. für die Anwendung jener Handelsartikel unweſentlich ſind, und ſ nachdem eine größere oder geringere Menge derſelben zugegen iſt, hiernach auch de Werth höher oder niedriger ausfallen muß. Descroizilles hat zuerſt da Verfahren angegeben, nach welchem man 104 Theile concentrirte Schwefelſäur abwägt, welche genau 100 Th. reines waſſerfreies Kali ſättigen, ſie mit ſo vie Waſſer verdünnt, daß die Flüſſigkeit einen in 100 Grade eingetheilten Glascylin der anfüllt, und von dieſer Probeflüſſigkeit ſo lange zu einer Auflöſung von gena 100 Th. trockner Pottaſche hinzuſetzt, als noch ein Aufbrauſen von entweichende Kohlenſäure bei neuem Zuſatze von Säure erfolgt. Aus der Zahl der verbrauchte Raumtheile der in dem Glascylinder enthaltenen Probeſäure erſieht man, wie vi kohlenſaures Alkali in der Pottaſche enthalten war. Zur Prüfung der Soda ver fährt man ebenſo, nur daß man anſtatt 104 Theile 157 Th. der concentrirte Schwefelſäure mit einer hinlänglichen Quantität Waſſer vermiſchen muß. In d künſtlichen Soda findet ſich gewöhnlich etwas ſchwefligſaures Natron und Schwef natrium; dieſe Verbindungen muß man vor der Prüfung des Gemenges dur Glühen der Probe mit ein wenig chlorſaurem Kali in ſchwefelſaures Natron ve wandeln, weil ſonſt das Reſultat nicht richtig ausfallen und man den Werth d Soda zu hoch anſchlagen würde. Auch kann man mit Will und Freſeniu in der Weiſe verfahren, daß man die Menge der Kohlenſäure aus dem Gewicht verluſte beſtimmt, welchen ein Gemenge der Probe mit Schwefelſäure nach de vollſtändigen Austreiben der Kohlenſäure erlitten hat. E. W.

Alkohol, ſ. Weingeiſt.

Alkoholometer, ſ. Aräometer.

Almageſt, ſ. Aſtronomie.

Almucantharat oder Höhenkreis iſt an der Himmelskugel ein jed Kreis, der parallel mit dem Horizonte läuft und deſſen Pole folglich Zeni und Nadir ſind. Die Mittelpunkte aller Almucantharate, welche vom Horizon an bis zum Zenith allmälig kleiner werden, mithin im Zenith ſelbſt in einen Pun übergehen, liegen in der Lothlinie, d. h. in der Axe des Horizonts oder der Lin welche vom Zenith durch den Mittelpunkt der Erde zum Nadir geht. Geſtir welche auf demſelben Almucantharat ſtehen, haben gleiche Höhe und gleich Scheitelabſtand. J.

Alphonſiniſche Tafeln, ſ. Aſtronomie.

Aluminium oder Alumium iſt ein chemiſch reiner Stoff, ein Eleme welches, nachdem Davy, nach Analogie der von ihm dargeſtellten Metalle der Al lien und alkaliſchen Erden, die Exiſtenz deſſelben als Beſtandtheil der Thone wahrſcheinlich gemacht hatte, aus dem nach Oerſted's Angabe bereiteten A miniumchlorid zuerſt von Wöhler abgeſchieden wurde. In der Natur kommt nur in Verbindung mit Sauerſtoff als Thonerde oder Alaunerde vor, wel namentlich mit Kieſelerde verbunden, ein weſentlicher Beſtandtheil ſehr vie Mineralien iſt, im Pflanzenreiche dagegen nur in ſehr geringer Menge, Thierreiche noch weniger als weſentlich auftritt. Das Aluminium gewinnt m aus dem Chloralumium, indem man dieſes mit Kaliummetall zuſammenmengt u die Miſchung gelind erhitzt, wodurch die Reduction der Thonerde unter Explo bewirkt wird. Das Aluminium bildet, nachdem man es durch Auswaſchen

Waſſer von dem gebildeten Chorkalium getrennt hat, ein ſchwarzgraues Pulver, zuweilen zinnweiße, metallglänzende Flitter, welche namentlich durch die Bearbeitung des Pulvers mit dem Polirſtahle im Achatmörſer entſtehen. In gelinder Weißglühhitze oder bei dem Schmelzpunkte des Gußeiſens ſchmilzt das Pulver noch nicht; bei gewöhnlicher Temperatur iſt es luftbeſtändig und verändert ſich auch in Berührung mit Waſſer nicht; wird dieſes aber bis zum Kochen erhitzt, ſo oxydirt das Aluminium zu Thonerde, welches ebenfalls durch Glühen des Metalls an der Luft geſchieht. Verdünnte Säuren und kauſtiſche Alkalien löſen es unter Waſſerſtoffentwicklung auf. — Die einzige Sauerſtoffverbindung des Aluminiums iſt die Thonerde, die in der Natur im faſt reinen Zuſtande als Sapphir, Rubin, Corund und Demantſpath (Smirgel) ſich vorfindet, Mineralien, die ein ſpecifiſches Gewicht von 3,5 bis 4,0 haben und an Härte nur dem Diamante nachſtehen. Die aus ihren Verbindungen durch chemiſche Mittel abgeſchiedene Thonerde bildet nach anhaltendem Glühen ein weißes, lockeres und zart anzufühlendes Pulver, welches bei heftigem Glühen in eine harte, ſpröde, zuſammengebackene (bei Anwendung einer ſehr hohen Temperatur zuſammengeſchmolzene) Maſſe ſich verwandelt, die am Stahle Funken giebt und nach Royer und Dumas im luftleeren Raume ein beſtändiges Gewicht von 4,152 bei 4° zeigt. Das einfache Thonerdehydrat findet ſich in der Natur als Diaspor, die dreifach gewäſſerte Thonerde als Gibbſit; die letztere Verbindung erhält man auch aus der chlorwaſſerſtoffſauren oder ſalpeterſauren Auflöſung der Thonerde durch Ueberſättigung mit Ammoniak, Auswaſchen und Trocknen des Niederſchlages oder in Form kryſtalliniſcher Körner oder einer zuſammenhängenden Rinde durch Sättigung einer kauſtiſchen Kalilöſung mit Thonerdehydrat und Hinſtellen an der Luft oder in verſchloſſenen Flaſchen. — Das Aluminium geht, außer mit dem Chlor, auch mit Schwefel, Brom, Jod und Fluor Verbindungen ein. In den neutralen Sauerſtoffſalzen der Thonerde kommen auf 1 Atom der Baſis in der Regel 3 Atome Säure; die Salze ſind, wenn nicht die Säure gefärbt iſt, farblos, gewöhnlich löslich in Waſſer und kryſtalliſirbar. Die phosphorſaure Thonerde ſcheint in Verbindung mit Waſſer in der Natur mit zweierlei Zuſammenſetzung vorzukommen, nämlich als Wavellit oder Türkis (nach John's Analyſe = $2\,Al^2O^3$, $PO^5 + 5$ aq) und als Evellit (nach Berzelius = $3\,[4\,Al^2O^3, 3\,PO^5 + 18$ aq$] + Al^2Fl^3$). Auch eine baſiſche ſchwefelſaure Verbindung mit Waſſer findet ſich in der Natur als Aluminit vor. Die Thonerde bildet eine Anzahl von Doppelſalzen, von denen der Alaun (ſ. d. Art.) eins der wichtigſten iſt. In den Kieſelmineralien iſt, wie ſchon erwähnt, die Thonerde einer der am häufigſten und in größter Menge vorkommenden Beſtandtheile und namentlich iſt die kieſelſaure Thonerde oder der ſogenannte Thon ein wichtiges Material für die Verfertigung von Porzellan, Steingut, Ziegelſteinen und anderen für das praktiſche Leben unentbehrlich gewordenen Gegenſtänden. (Vergl. Berg.) Wir haben endlich noch zu erwähnen, daß die Thonerde ſich gegen viele Baſen als Säure verhält und daß ſie mit denſelben Verbindungen eingeht, in welchen ſich der Sauerſtoff der ſtärkeren Baſis zu dem der Thonerde wie 1 : 3 verhält. Dergleichen ſind z. B. die in der Natur vorkommenden Edelſteine, der Spinell (Thonerde-Talkerde = MgO, Al^2O^3), der Gahnit (Verbindung mit Zinkoxyd), der Chryſoberyll (Thonerde-Beryllerde) und andere künſtlich darſtellbare Verbindungen der Thonerde mit Kalk-, Strontian-, Barytſalz, ferner mit Kali, Natron und Lithion.

Die Auffindung der Thonerde, sowie deren Abscheidung und quan titative Bestimmung aus ihren Verbindungen ist fast nie mit Schwierig keiten verbunden. Im Allgemeinen findet man die hierbei einzuschlagenden Weg schon in dem Artikel Analyse näher ausgeführt; und wir können uns hier dar auf beschränken, einige Methoden anzuführen, welche bei der quantitativen Abschei dung der Thonerde in Anwendung kommen, wo diese mit Substanzen gemeng oder verbunden ist, die vermöge ihres chemischen Verhaltens den Gang der Analys etwas complicirter machen, als dies gewöhnlich bei dem angeführten Stoffe der Fal zu sein pflegt. Enthält die Thonerdelösung Schwefelsäure, so muß der mit telst Ammoniak erhaltene Niederschlag nach dem Auswaschen abermals in Chlor wasserstoffsäure gelöst und mit Ammoniak gefällt werden, weil jener Niederschla auch nach dem heftigsten Glühen stets noch eine größere oder geringere Quantit der Schwefelsäure zurückhalten würde. Hat man die Thonerde von der Pho phorsäure zu trennen, so fügt man, nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäu oder Salpetersäure, Weinsäure hinzu und dann Ammoniak, bis der anfangs en stehende Niederschlag wieder vollständig sich aufgelöst hat; durch Zusatz von schw felsaurer Magnesia kann man sodann die Phosphorsäure vollständig ausfällen; d Niederschlag wird um so reiner und das Resultat also genauer, wenn man i nach dem Auswaschen nochmals in Chlorwasserstoffsäure auflöst und mit Ammoni wieder niederschlägt (Fresenius). Nach Berzelius kann man auch auf d Weise verfahren, daß man die fein gepulverte Verbindung mit $1^1/_2$ Theilen reine am besten künstlich dargestellter Kieselsäure und 6 Th. kohlensauren Natrons men und eine halbe Stunde lang in einem Platintiegel der Rothglühhitze aussetzt. D geglühte Masse wird dann mit Wasser behandelt, zweifach kohlensaures Ammoni zugesetzt, eine Zeitlang digerirt und das Ungelöste (kieselsaures Thonerde-Natro abfiltrirt. In der Auflösung ist die ganze Menge der Phosphorsäure enthalt und läßt sich jetzt aus derselben mit Leichtigkeit abscheiden, ebenso wie die Thoner aus der auf dem Filtrum zurückgebliebenen Verbindung. — Hat man die Tre nung der Thonerde von Chromoxyd zu bewerkstelligen, so thut man am beste die Verbindung mit Salpeter und kohlensaurem Natron zusammenzuschmelzen; d Thonerde bleibt dann nach dem Behandeln der geschmolzenen Masse mit Wass ungelöst auf dem Filtrum zurück, während die ganze Menge des Chromoxyd Chromsäure verwandelt und mit dem Alkali verbunden, von dem Wasser aufgeno men wird. Die Thonerde muß nochmals in Chlorwasserstoffsäure gelöst und m telst Ammoniak gefällt werden. E. W.

Amalgam (Quickbrei) heißt jede Verbindung (oder Verquickung) d Queckſilbers mit einem andern Metalle. Diese Legirungen sind entweder nach b stimmten Proportionen zusammengesetzt, oder sie sind Auflösungen solcher Verb dungen in einem Ueberschuß von Quecksilber; zu den erstern gehört das krystalli in der Natur vorkommende und auch künstlich darstellbare Silberamalg (Dianenbaum) = $Ag\,Hg^2$; auch ein Goldamalgam (1 Th. Gold und 6 T Quecksilber) und ein Bleiamalgam (1 Th. Blei auf $1^1/_2$ Th. Quecksilb kann man krystallisirt erhalten, ebenso die Amalgame des Kalium, Natrium, C mium, Wismuth, Selen, Zink und Zinn. Andere Amalgame sind weich, butt artig und zähe, wie das Platinamalgam, oder flüssig, namentlich wenn Qu silber im Ueberfluß vorhanden ist. Von Eisen, Kobalt und Nickel läßt sich n mit Hülfe eines dritten Metalls ein Amalgam erhalten und ebenso können M

gan, Rhodium, Kupfer und Platin (das letztere im geschmiedeten Zustande) nicht direct mit Queckſilber verbunden werden. Von beſonderer Wichtigkeit iſt das Zinnamalgam, welches man zur Belegung von Spiegeln gebraucht; eine Verbindung von 3 Th. Queckſilber und 1 Th. Zinn erhält man in kubiſchen Kryſtallen. Die Belegung der Spiegel geſchieht auf die Weiſe, daß man dünn ausgewalztes Zinn auf eine ebene und vollkommen horizontal geſtellte Steinplatte ausbreitet, Queckſilber darauf gießt und dann die völlig reine Glastafel ſo auf das Queckſilber ſchiebt, daß ſie das letztere an der Oberfläche allenthalben berührt, aber nicht mit dem darunter liegenden Stanniol in Berührung kommt. Die Glastafel wird nun mit Gewichten beſchwert und das Ganze etwa 24 Stunden lang ſich ſelbſt überlaſſen; wird die Steinplatte hierauf um einige Grad geneigt, ſo fließt das überſchüſſige Queckſilber allmälig ab und das Amalgam wird im Verlauf von einigen Wochen vollkommen hart und feſt, in welchem Zuſtande es dann am Glaſe haften bleibt. — Um Glaskugeln inwendig mit einer Spiegelfolie zu belegen, bedient man ſich einer flüſſigen Miſchung von 1 Th. Zinn, 1 Th. Blei, 2 Th. Wismuth und 10 Th. Queckſilber, welche die Eigenſchaft hat, daß ſie allmälig erhärtet. —

Das Amalgam, welches man auf die Reibzeuge der Elektriſirmaſchinen aufzutragen pflegt, iſt ſeinem Hauptbeſtandtheile nach ebenfalls ein Zinnamalgam; man bediente ſich anfangs der reinen Spiegelfolie, jetzt jedoch faſt allgemein einer Miſchung, welche Kienmayer als beſonders vortheilhaft zuerſt vorgeſchlagen hat und die daher unter dem Namen des Kienmayer'ſchen Amalgams bekannt iſt. Es beſteht aus 2 Theilen Queckſilber, 1 Th. Zink und 1 Th. engliſchem Zinn und wird auf folgende Weiſe bereitet*). Man nimmt gewalztes Zink, ſchmilzt daſſelbe in einem irdenen Tiegel bei gemäßigtem Feuer und wirft in die völlig geſchmolzene Maſſe das Zinn, welches gleichfalls bald ſchmelzen wird. Indem dieſe Miſchung leichtflüſſiger iſt, als das Zink allein, ſo iſt es vortheilhaft, das Feuer zu mäßigen, wodurch man die Oxydation der Metalle verhindert. Sollte dieſe aber dennoch ſtattfinden, ſo kann man etwas Unſchlitt in den Tiegel werfen, welches ſich indeß leicht entzündet und etwas (im Weſentlichen unſchädlichen) Schmutz zurückläßt. Nachdem man die Maſſe mit einem eiſernen Stabe umgerührt hat, um ſich zu überzeugen, daß dieſelbe geſchmolzen ſei, wird das Queckſilber zugegoſſen. Dieſes kann bei dem Operiren mit größeren Mengen mit Gefahr verbunden ſein, indem das ſchwerere, ſchnell zu Boden ſinkende Queckſilber ſich in Dämpfe verwandelt und die geſchmolzene Maſſe aus dem Tiegel ſchleudert, oder wenn die Einwirkung der Dämpfe ſo ſtark iſt, daß ſie der Geſundheit des Arbeiters nachtheilig wird. Beides läßt ſich leicht vermeiden, wenn man durch Mäßigung des Feuers dafür ſorgt, daß die geſchmolzene Maſſe nicht heißer wird, als ſie ſein muß, um im Zuſtande der Flüſſigkeit zu bleiben, und zugleich berückſichtigt, daß das Ganze durch Zuſatz von Queckſilber ſtets leichtflüſſiger wird. Es iſt daher durchaus unnöthig, die Hitze ſo zu vermehren, daß eine der beiden gefährlichen Erſcheinungen wirklich eintritt. Der Vorſicht wegen bedecke man indeß den Tiegel mit einer gemeinen Ofenſchaufel, ſchütte auf dieſe zuerſt nur etwa eine Unze Queckſilber, ziehe die Schaufel zurück und laſſe das Queckſilber in den Tiegel laufen, welchen man durch Verſchieben der

*) Gehler's phyſ. Lex. Neue Ausg. Bd. I. S. 287.

Schaufel sogleich wieder bedeckt, und fahre auf diese Weise in ganz kleinen Zeiträumen und mit zunehmenden Mengen von Queckſilber fort, während das Feuer an Stärke eher abnimmt, als daß man es vermehren dürfte. Bloß bei den ersten Malen des Zuſchüttens hört man ein geringes Sprudeln als Folge der gebildeten Queckſilberdämpfe, welche ſich aber ſogleich mit der größern Menge der Metallmiſchung verbinden. Beträgt die ganze Maſſe über 6 bis 8 Pfund, ſo iſt es rathſam, nach dem Zugießen von etwa der Hälfte, oder bei ſehr großen Mengen, von etwa 15 bis 18 Pfund, nach dem Zugießen des dritten Theils mit dem eiſernen Spatel umzurühren; ſonſt aber kann man auf die angegebene Weiſe die ganze Quantität des Queckſilbers ohne Unterbrechung in den angegebenen kleinen Portionen zuſchütten, dann ſchnell dieſes Umrühren verrichten, ſogleich den Tiegel vom Feuer nehmen und die geſchmolzene Maſſe auf trockne Pflaſterſteine, etwa der Küche, ausgießen. Wartet man hiermit zu lange, beſonders bei einem etwas zu ſtarken Feuergrade, ſo verdampft eine größere Menge Queckſilber, als dem Miſchungsverhältniſſe zuträglich iſt, wovon man ſich durch die zahlreichen Kügelchen überzeugt, welche an der eiſernen, zur Bedeckung des Tiegels dienenden Schaufel feſtzuſitzen pflegen. Das erkaltete ſilberweiße Amalgam iſt zerbrechlich und muß gepulvert werden. Zu dem Ende zerſtößt man die Stücke in einem eiſernen Mörſer, und die Maſſe, welche ſich zuſammenballt und dadurch das Zerkleinern hindert, zerſchneidet man wiederholt mit einem ſtarken Meſſer. Die fein gepulverte Maſſe wird mit dem Piſtill in einer ſteinernen Reibſchale möglichſt fein zerrieben und ſodann in Gläſern aufbewahrt. Sondern ſich nach einiger Zeit kleine Queckſilberkügelchen von der Maſſe ab, ſo wird die Verbindung durch nochmaliges Reiben in einer Reibſchale wieder hergeſtellt. Mayer empfiehlt nach ſicheren Erfahrungen ein Amalgam mit einem größeren Antheil von Queckſilber, 3 bis 4 Theile auf 1 Th. Zinn und 1 Th. Zink. — Ein Amalgam aus 2 Gewichtstheilen Zinn, 4 Th. Zink und 7 Th. Queckſilber giebt Singer an. Man erhitzt erſt das Queckſilber allein etwas über 100° C., ſchüttet es in eine hölzerne Büchſe und ſetzt nun die vorgeſchriebenen Mengen der beiden zuvor in Fluß gebrachten Metalle zu. Darauf verſchließt man ſofort die Büchſe und ſchüttelt ſie heftig, um eine recht innige Miſchung zu bewirken. Iſt das Amalgam abgekühlt, ſo wird es in einem Mörſer zu feinem Staube zerſtoßen und dieſer Staub mit einer hinreichenden Quantität Schweinefett in die Form eines Teiges gebracht. — Es ſcheint, als wenn verſchiedene Glasarten auch etwas ungleiche Amalgame erforderten; die Wirkung der Amalgame beruht ohne Zweifel auf ihrer Neigung, negativ elektriſch zu werden. — Ueber das Auftragen des Amalgams auf das Reibzeug ſ. d. Art. Elektriſirmaſchine.

E. W.

Amalgamation iſt überhaupt der Proceß, mittelſt deſſen man die Verbindung eines Metalls mit Queckſilber hervorbringt; im Beſonderen verſteht man unter dieſem Ausdrucke gewöhnlich den metallurgiſchen Proceß, den man anwendet, um Gold und Silber aus deren Erzen zu gewinnen und rein darzuſtellen. Das Verfahren, deſſen man ſich bei der Abſcheidung des Goldes bedient, iſt ſehr einfach; da nämlich das Gold nur gediegen oder als Legirung mit mehr oder weniger Silber verbunden vorkommt, entweder im Sande der Flüſſe (Goldſand) oder im Quarz, Schwefelkies, Brauneiſenſtein ꝛc. fein eingeſprengt, ſo braucht man nur gewaſchenen Sand oder die fein gepochten und zermahlenen Erze mit Queckſilber gleichſam auszulaugen oder auszuziehen, indem man eine innige Berührung des

mildhaltigen Substanzen mit dem Queckſilber zu Stande bringt. Weit verwickelter wird dieſer Proceß, wenn man mit Silbererzen, die gewöhnlich weit zuſammengeſetzterer Natur ſind, zu thun hat. Zum Ausſcheiden des Silbers bedient man ſich hauptſächlich zweierlei Methoden der Amalgamation, von denen die eine nach ihrem Erfinder (Bartolomeo de Medina in Mexico 1557) und dem Lande ihrer erſten Anwendung die americaniſche, die andere die europäiſche Amalgamation genannt wird, welche letztere Alonſo Barba zu Potoſi durch eine Abänderung der erſteren erſann und 1640 bekannt machte; namentlich in Freiberg wurde dieſelbe nach und nach bis zu ihrer jetzigen Stufe der Vollkommenheit gebracht. Beide Methoden wollen wir hier ſowohl hinſichtlich ihrer praktiſchen Ausführung, wie auch mit Rückſicht auf die Theorie der dabei auftretenden Erſcheinungen einer möglichſt kurzen Betrachtung unterwerfen.

1) Der americaniſche Amalgamationsproceß findet noch jetzt in America Anwendung und iſt namentlich an ſolchen Orten vortheilhaft, wo Mangel an Brennmaterial weder ein Röſten der Silbererze, noch eine Concentration des Silbers durch Schmelzen geſtattet. Die Erze, welche beſonders in Rothgülden, Fahlerz, auch wohl Hornerz (Chlorſilber) und gediegenem Silber beſtehen, werden trocken und mit Waſſer fein gemahlen und gerieben, die zerriebene breiige Maſſe dann mit 1 bis 5 Proc. Kochſalz innig gemengt; nach einigen Tagen ſetzt man auf 1 Centner $^1/_2$—1 Pfund Magiſtral, nämlich geröſteten Schwefel- und Kupferkies hinzu, welcher 10 Proc. Kupfervitriol enthält. Nachdem der Magiſtral mit der übrigen Maſſe gut durchgeknetet worden iſt, fügt man das erſte Drittheil der nöthigen Menge an Queckſilber hinzu (deſſen Menge im Ganzen ungefähr die ſechsfache Quantität des in den Erzen befindlichen Silbers betragen muß); nach 10 bis 20 Tagen wird das zweite Drittheil Queckſilber und nach einer ähnlichen Friſt der dritte Antheil hinzugeſetzt; die Witterung und die Temperatur haben auf die frühere oder ſpätere Beendigung des Proceſſes Einfluß, ſo daß derſelbe wenigſtens 12 Tage und höchſtens zwei bis drei Monate dauern kann. Das erhärtete Amalgam wird mit Waſſer ausgewaſchen und der Deſtillation unterworfen. Die chemiſchen Proceſſe, welche bei der angeführten Operation auftreten, ſind die folgenden: das Kochſalz und der Eiſen- und Kupfervitriol zerlegen ſich; es entſteht ſchwefelſaures Natron, Kupferchlorid und Eiſenchlorid; dieſe Chloride reduciren ſich zu Chlorüren, indem ſie einen Theil ihres Chlors an das in den Erzen vorhandene metalliſche Silber abgeben, und die Chlorüre des Kupfers und Eiſens zerlegen nun das Schwefelſilber, indem ſie den Schwefel deſſelben aufnehmen und dafür Chlor an das Silber abtreten; das Chorſilber löſt ſich nun in der Kochſalz haltenden Flüſſigkeit auf und wird aus dieſer Auflöſung durch Queckſilber wieder abgeſchieden unter Bildung von Queckſilberchlorür und Silberamalgam. Auch ſetzt man mit dem Magiſtral etwas Kalk hinzu, wodurch das überſchüſſige Kupferchlorid in Chlorür verwandelt wird; dieſes zerſetzt das Schwefelſilber, giebt aber kein Chlor an das Queckſilber ab. Auf 1 Th. Silber verliert man bei dieſer Operation durch Bildung von Queckſilberchlorür 1,3 Th. Queckſilber*).

*) Ueber den angeführten Proceß ſiehe Bouſſingault in Pogg. Ann. Bd. XXXII. S. 109 ff.

2) Die europäiſche Amalgamation unterſcheidet ſich von der ameri-
caniſchen namentlich dadurch, daß man die Silbererze, welche meiſt von ſolcher Miſchung
angewendet werden, daß 6 bis 7 Loth Silber im Centner enthalten ſind, und ein
gewiſſe Quantität Eiſenkies beigemengt enthalten müſſen, mit circa 10 Proc. Koch-
ſalz miſcht und das Ganze röſtet; hierdurch bildet ſich ſchwefelſaures Eiſenoxydul
welches mit dem Kochſalz zu ſchwefelſaurem Natron, Eiſenchlorid und entweichen
der ſchweflige Säure ſich zerſetzt; das in den Erzen enthaltene Antimon und Ar
ſenik oxydirt ſich auf Koſten der Schwefelſäure, wird in der Hitze verflüchtigt un
durch paſſende Vorrichtungen im oxydirten Zuſtande wieder aufgefangen. Bei de
Röſten bilden ſich die höheren Oxydations- und Chlorſtufen, und geſchieht daſſelb
in einem Flammenofen, ſo zerſetzt ſich das in der Flamme enthaltene Waſſer und e
bildet ſich neben den Metalloxyden noch Chlorwaſſerſtoffſäure, welche entweich
Das gebildete Eiſenchlorid giebt einen Theil ſeines Chlors an das Silber und wir
zu Eiſenoxyd. Die geröſtete Maſſe wird gemahlen und enthält hauptſächlich Eiſen
oxyd und andere Oxyde und dann 12 bis 15 Proc. Verbindungen, die ſich na
Zuſatz von Waſſer auflöſen, nämlich: ſchwefelſaures Natron, Chlornatrium
Chlormangan, Eiſenchlorid, Eiſenchlorür, Kupferchlorür, Chlorblei und a
dere Chlorverbindungen und endlich Chlorſilber, die alle in der Kochſalzlöſun
aufgenommen werden. Die geröſteten und zermahlenen Erze werden nun m
Waſſer in die Amalgamirtonnen gebracht, Stücke metalliſchen Eiſens zugeſetzt u
die Tonne um ihre Axe gedreht; durch das Eiſen wird das vorhandene Eiſe
chlorid zu Chlorür reducirt und das Silber metalliſch ausgeſchieden; ſetzt m
nun nach einiger Zeit Queckſilber hinzu, ſo verbindet ſich dieſes ſogleich mit de
ausgeſchiedenen Silber zu Amalgam. Nachdem die Tonnen 16 bis 18 Stund
lang gedreht worden ſind, wird das Amalgam abgelaſſen, ausgepreßt und von de
Amalgam das Queckſilber abdeſtillirt; das Silber wird ſodann im Kohlentie
zuſammengeſchmolzen und von ſeinem Kupfergehalt durch Saigerung oder Abtreib
und Affiniren befreit.

3) Eine dritte Methode wurde namentlich im Mansfeldiſchen angewendet (j
durch die neue Methode Auguſtin's verdrängt, welche die Anwendung des Que
ſilbers überflüſſig gemacht hat), bei der Entſilberung des Kupferſteins durch Que
ſilber. Der Kupferſtein, ein Gemenge von den Schwefelverbindungen des Kupfe
Eiſens, Silbers und anderer Metalle, wird fein gemahlen und in Flammenöfen vollſtä
dig geröſtet, wodurch der Schwefel zum Theil als ſchweflige Säure verflüchtigt wi
zum Theil als Schwefelſäure mit den Oxyden des Kupfers und Eiſens in Verbindu
bleibt; das ſchwefelſaure Silberoxyd wird durch das entſtandene Kupferoxydul zerſ
und das Silber metalliſch ausgeſchieden; es läßt ſich faſt $^3/_4$ des Silbergehaltes im Ste
durch Schlämmen mit Waſſer aus der geröſteten Maſſe abſcheiden. Setzt man nun
der geröſteten, mit Waſſer angerührten Maſſe $^1/_9$ Kalkſteinpulver und ebenſo viel Ko
ſalz, ſo bildet ſich unter Entweichung von Kohlenſäure ſchwefelſaurer Kalk, und was
dem ſchwefelſauren Kupferoxyd noch unzerſetzt bleibt, zerlegt ſich mit dem Koch
in Kupferchlorid und ſchwefelſaures Natron. Das Gemenge wird nun getrock
fein gemahlen und abermals geröſtet, bis kein Geruch nach entweichender Chl
waſſerſtoffſäure mehr bemerklich iſt; das Silber wird hierdurch vollſtändig in Chl
ſilber verwandelt, während zugleich auch die fremdartigen metalliſchen Beimeng
gen in Chlormetalle verwandelt werden, indem nämlich das Kupferchlorid
dieſelben einen Theil ſeines Chlors abgiebt. Die geröſtete und fein gemahl

Masse wird dann mit Wasser, Eisenstücken und Quecksilber in die Amalgamirtonnen gethan und ferner, wie unter 2. beschrieben wurde, behandelt. E. W.

Ammoniak*) (Ammoniacum, flüchtiges Alkali, flüchtiges Laugensalz, Ammoniakgas, alkalische Luft, urinose Luft, nach Kane Amidwasserstoff) kommt in Verbindung mit Kohlensäure in der Luft vor (Marcet, Pfaff), ferner zuweilen in See- und Flußwasser und in einigen Mineralwässern; desgleichen findet man es in geringer Menge von Eisenerzen, namentlich von Eisenoxydhydrat, auch von Thon und vielen andern Gesteinen absorbirt und im Steinsalz als Salmiak; nicht weniger bildet es einen gewöhnlichen Bestandtheil der Dammerde, ferner vieler Pflanzensäfte und der meisten thierischen Flüssigkeiten, besonders des Harns. Was die natürliche Bildung des Ammoniaks aus seinen Bestandtheilen auf unorganischem Wege betrifft, so herrscht hierüber noch mancherlei Zweifel und Verschiedenheit der Ansichten und Erfahrungen. Nach Saussure entsteht beim Verbrennen von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff salpetersaures Ammoniak und Davy fand, daß lufthaltiges Wasser bei Behandlung mit der Volta'schen Säule am positiven Pole Salpetersäure, am negativen Ammoniak gebe. Auf directem Wege erhält man aus Wasserstoff und Stickstoff keine chemische Verbindung, weder durch Mischen dieser Gasarten noch durch einen Druck, der bis 50 Atmosphären steigen kann. Kommt Wasserstoff im Augenblicke seiner Entwickelung mit Stickstoff, oder umgekehrt Stickstoff bei seiner Entwickelung mit Wasserstoff in Berührung, so bildet sich nach Chevalier, Kuhlmann, Reiset, Faraday, Mulder u. A. in vielen Fällen Ammoniak, z. B. wenn feuchte Eisenfeile bei gewöhnlicher Temperatur mit Stickgas oder atmosphärischer Luft in Berührung ist; ferner soll das aus Eisenvitriol gefällte Eisenoxydhydrat kleine Mengen von Ammoniak erzeugen (Barreau); ebenso erhält man dasselbe nach Faraday, Reiset u. A., wenn man die Hydrate der Alkalien oder alkalischen Erden mit Kalium, Arsen, Zink, Eisen, Zinn oder Eisen zusammen erhitzt. Dasselbe soll nach Faraday, Reiset und besonders Mulder auch der Fall sein, wenn man diese Hydrate mit verschiedenen organischen stickstofffreien Substanzen, wie Zucker, Leinwand, kleesauren Salzen ꝛc., bei Zutritt der Luft erhitzt und faulen läßt. Die Ammoniakbildung unter den angeführten und ähnlichen Umständen wird von Andern geläugnet und das Auftreten desselben entweder einer Ungenauigkeit der Beobachtung oder dem Umstande zugeschrieben, daß es schon im Voraus vorhanden war, sei es als Verunreinigung der angewandten Materialien, sei es als Bestandtheil der Luft, welche mit den Substanzen in Berührung war; die atmosphärische Luft steht Liebig namentlich als die Hauptquelle des Ammoniaks an und er bestreitet ferner ebenso die von Mulder, Boussingault und vielen Andern behauptete Ammoniakbildung in der Ackererde. Die Beobachtungen und Behauptungen Liebig's wurden durch die von Will angestellten und mitgetheilten Versuche bestätigt, der auch namentlich die von Faraday ausgeführten Versuche wiederholte und bei Anwendung einer völlig ammoniakfreien Luft keine Bildung von Ammoniak bemerken konnte. Die Hauptbildungsquelle des Ammoniaks sind bekanntlich die faulenden

*) Der Name rührt von der sandreichen (griech. ἄμμος, Sand) Provinz Ammonien in Africa her.

stickstoffhaltigen organischen Substanzen, welche bei ihrer Verwesung stets eine ihrem Stickstoffgehalte entsprechende Menge Ammoniak liefern. Dennoch giebt es noch andere Fälle, wo unläugbar durch verschiedene chemische Processe Ammoniak erzeugt wird, und dies zeigt sich besonders, wo stickstoffhaltige Substanzen mit Wasserstoff bei erhöhter Temperatur in Berührung kommen. Kuhlmann fand z. B., daß, wenn stickstoffhaltige Gase, wie Cyangas, Stickstoffoxyd ꝛc. mit Wasserstoffgas über glühenden Platinschwamm geleitet werden, Ammoniak entsteht; dasselbe ist nach Reiset der Fall, wenn man statt des Platinschwamms Eisenoxyd anwendet; ferner zerfällt Blausäure (entstanden dadurch, daß man Wasserdampf über glühende stickstoffhaltige Holzkohle leitete) durch Behandlung mit Alkalien in Ammoniak und Ameisensäure, wie denn überhaupt alle stickstoffhaltigen Körper, in höherer Temperatur mit dem Hydrat eines Alkali's behandelt, die Bildung von Ammoniak veranlassen *).

Man erhält das Ammoniak im reinen Zustande in der Regel auf die Weise, daß man Salmiak mit dem doppelten Gewichte von kaustischem Kalke mengt und zusammen allmälig erhitzt. Das reine Ammoniakgas, über Queckstlber aufgefangen, ist farblos, hat einen stechenden und reizenden Geruch und laugenartigen Geschmack; das specifische Gewicht wird nach directen Wägungen von Davy zu 0,590, von Thomson zu 0,5931 und von Biot und Arago zu 0,5966 angegeben; aus der Zusammensetzung und dem Volumen des Gases berechnet ergiebt es sich zu 0,5912. Das Gas ist nicht fähig, den Verbrennungs- und Athmungsproceß zu unterhalten; es brennt mit blassem, gelblichem Lichte unter Bildung von Wasser und freiem Stickstoff; es färbt Curcuma roth, den Veilchensaft grün und den durch Säuren gerötheten Lackmus wiederum blau; durch Verdampfen an der Luft verschwinden diese Farbenveränderungen wieder. Das Ammoniakgas läßt sich durch Temperaturerniedrigung bis auf — 40° (Bunsen) oder durch einen Druck (nach Riemann) von 6 bis 7 Atmosphären bei 10 bis 12° C. in einem flüssigen Zustande darstellen. Auch kann man flüssiges Ammoniak erhalten, wenn man mit Ammoniakgas gesättigtes Chlorsilber in eine gebogene Glasröhre bringt, diese an beiden Enden zuschmilzt und das Chlorsilber, um das Ammoniak auszutreiben, bis auf 112 bis 120° erhitzt, während man den andern Schenkel mit Eis umgiebt, wodurch sich das Ammoniak bis zum Flüssigwerden in ihm verdichtet; das Ammoniak hat im flüssigen Zustande nach Faraday ein specifisches Gewicht von 0,76 und siedet unter einem Luftdrucke von 0,74 bei — 33,7° (Bunsen). 1 Atom Ammoniak besteht aus 6 At. Wasserstoff und 2 At. Stickstoff = $N^2 H^6$ und 1 Volumen Ammoniak aus $1^1/_2$ Vol. Wasserstoff und $^1/_2$ Vol. Stickstoff. Das trockene Ammoniakgas wird durch den elektrischen Funken in seine Bestandtheile zerlegt und dasselbe ist der Fall, wenn man es durch eine glühende Porzellanröhre leitet; mit Sauerstoff und mit verschiedenen stickstoffhaltigen Gasen, z. B. mit Stickoxydgas, Stickoxydulgas, unterchlorigsaurem Gas gemengt, läßt es sich durch den elektrischen Funken verpuffen, unter Bildung von

*) Eine vollständige Uebersicht der Fälle, in welchen angegeben wird, daß Ammoniak sich erzeuge, findet man mit Angabe der Quellennachweisungen in Gmelin's Handb. Chem. 4. Aufl. Bd. I. S. 826 — 830.

**) Poggend. Ann. Bd. XLVI. S. 102.

Waſſer und je nach den Umſtänden verſchiedener anderer Producte; in Chlorgas verbrennt es mit rother und weißer Flamme zu Stickſtoff und chlorwaſſerſtoffſaurem Ammoniak; zu Jod und Brom verhält es ſich ähnlich.

Wäſſeriges Ammoniak (liquides Ammoniak, Salmiakgeiſt, ätzender Salmiakgeiſt, Liquor ammoniaci caustici, spiritus salis ammoniaci causticus). Nach Davy nimmt 1 Vol. Waſſer bei + 10° C. und 29,8 Zoll Barometerſtand 670 Vol. Ammoniakgas auf oder dem Gewichte nach faſt die Hälfte ſeines eigenen Gewichtes; bei 45° nimmt es nur ein Drittel ſeines Gewichtes, etwa 460 Vol., auf. Die Ammoniakflüſſigkeit iſt farblos und beſitzt den Geruch, Geſchmack und die chemiſchen Eigenſchaften des Ammoniakgaſes. Wenn die Flüſſigkeit die ganze Menge des Gaſes, welche ſie abſorbiren kann, aufgenommen hat, ſo gefriert ſie erſt bei — 38 bis 41° und erſtarrt zu einer weißen, aus feinen biegſamen Nadeln beſtehenden Maſſe, indem ſie faſt ganz geruchlos wird; wird die Ammoniakflüſſigkeit ſchnell auf — 40 bis 49° erkaltet, ſo erhält man eine graue gallertartige ebenfalls faſt geruchloſe Maſſe (Fourcroy und Vauquelin). Das Ammoniak giebt bei ſeiner Abſorption zu einer beträchtlichen Wärmeentwickelung Veranlaſſung; Eis abſorbirt es ebenfalls ſchnell unter Schmelzung deſſelben. Die Ammoniakflüſſigkeit verliert weit unter 100° den größten Theil ihres Ammoniakgehalts; nach Oſann halten 100 Th. Waſſer bei 24° C. nur noch 8,41 und bei 55° 5,96 Th. Ammoniak zurück. Das Waſſer dehnt ſich durch die Abſorption von Ammoniak beträchtlich aus, ſo daß 6 Maß Waſſer nach ihrer Sättigung mit Gas bis zu 10 Maß ſich ausgedehnt haben (Thomſon). Das ſpecifiſche Gewicht der Ammoniakflüſſigkeit variirt je nach dem Gehalte an Ammoniak zwiſchen 1,000 und 0,850 und eben danach ändert ſich auch der Siedepunkt der Flüſſigkeit; in der folgenden Tabelle ſind dieſe Verhältniſſe nach den Angaben Dalton's*), Davy's**) und Ure's***) zuſammengeſtellt, wobei zu bemerken iſt, daß die mit Sternchen bezeichneten Zahlen in der Davy'ſchen Tabelle durch directe Verſuche, die übrigen durch Rechnung gefunden worden ſind. Davy war nämlich der Anſicht, daß durch fortgeſetzte Verdünnung der Ammoniakflüſſigkeit das mittlere Volumen der Miſchung ſich nicht ändere, welches doch durch die von Ure angeſtellten Verſuche keineswegs beſtätigt wurde; denn dieſer fand, daß 1 Maß Waſſer durch Aufnahme von 505 Vol. Ammoniakgas 1½ M. Flüſſigkeit lieferte, welche ein ſpecifiſches Gewicht = 0,900 hatte; wurde nun dieſe mit einem gleichen Gewichte Waſſer verdünnt, ſo erhielt man eine Auflöſung, die 0,94550 specif. Gewicht zeigte, während das mittlere specif. Gewicht = 0,94737 iſt; ſetzte man zu dieſer verdünnten Flüſſigkeit wiederum ein gleiches Gewicht Waſſer, ſo zeigte die Auflöſung nun ein specif. Gewicht = 0,97130, während die mittlere Dichtigkeit = 0,97297 iſt; es dauert alſo die Ausdehnung, welche die Ammoniakflüſſigkeit bei der erſten Verdünnung mit Waſſer erleidet, auch bei dem ferneren Waſſerzuſatz fort. Es iſt bemerkenswerth, daß ein Volumen Waſſer, wenn es durch chlorwaſſerſtoffſaures Gas in ſtarke wäſſerige Chlorwaſſerſtoffſäure von 1,200 ſpecif. Gewicht, oder durch Ammoniakgas in liquides Ammoniak

*) S. deſſen N. Syſt. Bd. II. S. 230.
**) S. deſſen Elem. Bd. I. S. 241.
***) Schweigg. Journ. Bd. XXXII. S. 458.

von 0,900 verwandelt wird, in beiden Fällen ſich zu $1^1/_2$ Volumen ausdehnt (Ure a. a. O.).

Nach Dalton			Nach H. Davy		Nach Ure	
Specif. Gewicht	Ammon. Proc.	Siedepunkt	Specif. Gewicht	Ammon. Proc.	Specif. Gewicht	Ammon. Proc.
0,85	35,3	— 4°	0,8750	32,3 *	0,8914	27,940
0,86	32,6	+ 3,5	0,8857	29,25	0,8937	27,633
0,87	29,9	10	0,9000	26	0,8967	27,038
0,88	27,3	17	0,9054	25,37*	0,8983	26,751
0,89	24,7	23	0,9166	22,07	0,9000	26,500
0,90	22,2	30	0,9255	19,54	0,9045	25,175
0,91	19,8	37	0,9326	17,52	0,9090	23,850
0,92	17,4	44	0,9385	15,88	0,9133	22,525
0,93	15,1	50	0,9435	14,53	0,9177	21,200
0,94	12,8	57	0,9476	13,46	0,9227	19,875
0,95	10,5	63	0,9513	12,40	0,9275	18,550
0,96	8,3	70	0,9545	11,56	0,9320	17,225
0,97	6,2	79	0,9573	10,82	0,9363	15,900
0,98	4,1	87	0,9597	10,17	0,9410	14,575
0,99	2	92	0,9616	9,6	0,9455	13,250
			0,9692	9,5*	0,9510	11,925
					0,9564	10,600
					0,9614	9,275
					0,9662	7,950
					0,9716	6,625
					0,9768	5,300
					0,9828	3,975
					0,9887	2,650
					0,9945	1,325

Das Ammoniak verhält ſich gegen Säuren ähnlich wie die fixen Alkalien, Kali und Natron; die Ammoniakſalze ſind farblos, wenn die Säure nicht gefärbt iſt, und meiſt leichtlöslich in Waſſer. Mit Waſſerſtoffſäure geht das Ammoniak unmittelbar Verbindungen ein; ſie können mit Berzelius als Verbindungen des Ammoniums (ſ. unten) mit dem Radical der Waſſerſtoffſäure betrachtet werden, ähnlich wie die Chlormetalle, Brommetalle ꝛc. Die durch Sauerſtoffſäuren gebildeten Ammoniakſalze entſtehen meiſtens nur bei Gegenwart von Waſſer, indem das Ammoniak mit 1 At. Waſſer in Ammoniumoxyd (N^2H^8O) ſich verwandeln muß, ehe es den Kaliſalzen oder den Salzen anderer Oxyde entſprechende Verbindungen mit den Sauerſtoffſäuren eingehen kann. Die Sauerſtoffſalze des Ammoniak ſind entweder ſaure, baſiſche oder Doppelſalze mit den Salzen des Natron, der Thonerde, Talkerde, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Manganoxydul und vieler anderer Oxyde; mit Kohlenſäure bildet das Ammoniak z. B. ein trocknes (N^2H^6, CO^2) und ein waſſerhaltendes einfa-

kohlensaures Ammoniak ($2\,[N^2H^6, CO^2] + H^2O$); ferner ein fünfviertel kohlensaures Ammoniak mit 4, mit 5 und mit 12 At. Wasser; ein anderthalb kohlensaures Ammoniak mit 2 At. (käufliches kohlensaures Ammoniak, flüchtiges Hirschhornsalz) und mit 5 At. Wasser, ferner ein siebenviertel und ein zweifach kohlensaures Ammoniak, das letztere mit 2 und mit $2^1/_2$ und mit 3 At. Wasser. Die Borsäure bildet ein vierdrittel, ein doppelt und ein vierfach saures Salz, und ähnlich sind die Verbindungen mit Phosphorsäure, schwefliger Säure ꝛc. zusammengesetzt. Die neutralen Salze (außer den kohlensauren) haben ihre ammoniakalischen Eigenschaften vollständig verloren; sie lassen sich, wenn die Säure flüchtig ist, unzersetzt verflüchtigen; bei Gegenwart von feuerbeständigen Säuren, wie die Phosphorsäure und Borsäure, bleiben diese zurück, während das Ammoniak in der Hitze aus seinen Verbindungen ausgetrieben wird; das schwefelsaure, das salpetersaure Ammoniak und die Verbindungen mit organischen Säuren werden bei der Erhitzung wenigstens theilweise zersetzt. Auch läßt sich das trockne Ammoniak mit wasserfreier Schwefelsäure oder schwefliger Säure verbinden *), Verbindungen, die man zur Unterscheidung von den wasserhaltigen Salzen mit denselben Säuren Sulphammon und Sulphitammon genannt hat. Ferner absorbiren viele Oxyde, Sauerstoffsalze, Schwefel-, Fluor-, Chlorverbindungen ꝛc. das Ammoniak in bestimmten Verhältnissen, z. B. das Phosphorwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, Schwefelphosphor, Chlorbor, Chlorphosphor, Chlorschwefel, Fluorbor; ferner das Chrom-, Zink-, Cadmium-, Zinn-, Bleioxyd, das Eisen-, Kobalt-, Nickel-, Kupferoxydul und Oxyd ꝛc., auch verschiedene trockne Salze, wie das salpetersaure Silberoxyd, das schwefelsaure Silberoxyd, Manganoxydul und Silberoxyd, das Chlorcalium, Chlorstrontium u. a. (nicht aber das Chlorbarium und Chlornatrium). Mit Quecksilberchlorid zerlegt es sich auf die Art, daß sich chlorwasserstoffsaures Ammoniak und eine Verbindung von Quecksilberchlorid mit Quecksilberamid bildet ($2\,Cl^2Hg^2 + 2\,N^2H^6 = Cl^2Hg^2N^2H^4 + Cl^2H^2, N^2H^6$) **). Eigenthümlich ist endlich das Verhalten des Ammoniaks gegen einige Metalle; schmilzt man nämlich Kalium oder Natrium im Ammoniakgas, so scheiden sich hierbei 2 At. Wasserstoff aus dem letztern ab und es bildet sich ein Kalium- oder Natriumamid ($= Ka, N^2H^4$ oder Na, N^2H^4) (Gay-Lussac und Thénard). Glüht man ferner Kupfer- oder Eisendraht in Ammoniak, so wird das Metall durch Aufnahme von Stickstoff absolut schwerer, aber specifisch leichter und auch brüchig und spröde ***).

Bestimmung des Ammoniaks. Qualitativ läßt sich das Ammoniak im freien Zustande durch seinen Geruch, seine Reactionen gegen Pflanzenfarben und durch den dicken weißen Nebel nachweisen, welchen es bildet, wenn man einen mit rauchender Essigsäure, Salpetersäure und besonders Chlorwasserstoffsäure befeuchteten Glasstab in die Nähe der dasselbe enthaltenden Substanz bringt. Ist das Ammoniak an eine Säure gebunden zugegen, so läßt sich dasselbe leicht durch eine stärkere Basis, namentlich Kali, in den freien Zustand versetzen. In den wässerigen

*) Rose in Pogg. Ann. Bd. XLVII. S. 475. Bd. XLIX. S. 183.
**) Kane in den Ann. der Pharm. Bd. XVIII. S. 150.
***) Despretz in Pogg. Ann. Bd. XVII. S. 296.

oder wenig sauren nicht sehr verdünnten Auflösungen seiner Verbindungen erzeu Platinchlorid einen gelben Niederschlag von Platinsalmiak. Die quantitative B stimmung des Ammoniaks ist oftmals mit Schwierigkeiten verbunden; man ka die trockne ammoniakhaltige Verbindung in einer kleinen Retorte mit einem Ueb schuß von Kali- oder Barythydrat erhitzen und das sich entwickelnde Ammoniakga nach dem Trocknen über Kalistückchen, über Quecksilber auffangen und dem Vol men nach bestimmen; oder man läßt das Ammoniak von Salzsäure absorbiren u bestimmt nachher durch vorsichtiges Eindampfen die Menge des gebildeten Salmia oder nach Zusatz von Platinchlorid die Menge des Platinsalmiaks, auf diesel Weise wie bei der Analyse stickstoffhaltiger Substanzen in dem Artikel Analy angegeben worden ist (Methode von Will und Varrentrapp). Auch kann m in vielen Fällen die Ammoniakverbindungen mit Kupferoxyd zerlegen und aus d Volumen des freigewordenen Stickstoffs die Menge des Ammoniaks berechn Hinsichtlich der letzteren Methode sehe man gleichfalls das Ausführlichere bei „Analyse organischer stickstoffhaltiger Substanzen." Oft kann man das Amm niak am genauesten aus dem Verluste bestimmen, wenn nämlich die andern S standtheile der zu untersuchenden Verbindung mit Leichtigkeit sich abscheiden u wägen lassen. E. W.

Ammonium (N^2H^8) ist ein hypothetischer Stoff, der für sich nicht darst bar ist, sondern nur in Verbindung mit Quecksilber als Amalgam erhalten wer kann und in dieser Form den reinen Metallen analog sich verhält und deswe zu diesen gerechnet wird; er bildet ferner mit den Radicalen der Wasserstoffsäu und als Ammoniumoxyd (N^2H^8O) mit den Sauerstoffsäuren die bekannten Amm niaksalze. Das Ammonium-Amalgam wurde gleichzeitig von Berzeli und Pontin und von Seebeck entdeckt und auf folgende Weise bereitet. M legt, nach Berzelius' Angabe, ein wenig Quecksilber auf den Boden einer k nen gläsernen Schale und führt einen Draht von Eisen oder Platin vom negati Pol der Säule in das Quecksilber hinein. Auf das letztere wird nun concentr Ammoniakflüssigkeit gegossen, worin ein mit dem positiven Pol verbundener P tindraht so eingesetzt wird, daß er eine Linie vom Quecksilber absteht. Im er Augenblicke giebt bloß der positive Draht Gas, aber bald fangen Gasblasen auch vom Quecksilber zu entwickeln an; dieses schwillt auf, erhält eine blei- platingraue Farbe und wird zu einem 5 bis 6 mal größeren Volumen (nach G Lussac und Thénard), zum 8 bis 10fachen Volumen (nach Davy) und 20fachen Volumen (nach Böttger) ausgedehnt. Am schnellsten bereitet die in Rede stehende Verbindung, wenn man Kalium-, Barium- und beson Natrium-Amalgam mit einem befeuchteten Ammoniaksalze (besonders Salm oder dessen concentr. Auflösung oder mit concentr. wässerigem Ammoniak in rührung bringt (H. Davy). Das Ammonium-Amalgam hat bei gewöhnl Temperatur Butterconsistenz; wenn es bis unter den Gefrierpunkt abgekühlt w krystallisirt es in Würfeln; es ist leichter als Wasser und enthält nach Thén $\frac{1}{12000}$, nach Gay-Lussac $\frac{1}{1200}$ seines Gewichtes Ammonium. Es zersetzt sich, so es aus dem Kreise der elektrischen Säule genommen wird, und zerfällt an der sehr bald in reines Quecksilber und in ein Gemenge von 2 Maß Ammonia und 1 Maß Wasserstoffgas. Diese Zersetzung geht nach Davy noch ebenso sch bei — 29° von Statten und läßt sich nach Grove nur bei dem durch Koh säure stark erkälteten Ammonium-Amalgam verhindern. E. W.

Amorph (von d. griechiſchen μορφή Geſtalt), geſtaltlos, nennt man einen Körper, der in einem dem kryſtalliniſchen entgegengeſetzten Zuſtande ſich befindet. Der amorphe Körper beſitzt keine der dem kryſtalliſirten oder kryſtalliniſchen ausſchließlich zukommenden Eigenſchaften, keine doppelte Strahlenbrechung, keinen Blätterdurchgang, ſondern meiſt einen muſcheligen oder ebenen Bruch und eine nach allen Richtungen ſich gleich bleibende Trennbarkeit. Man kann oft einen und denſelben Körper ſowohl im amorphen als im kryſtalliniſchen Zuſtande erhalten; er hat in dem erſteren Falle gewöhnlich ein etwas geringeres ſpecifiſches Gewicht, eine geringere Härte und Löslichkeit als in dem letzteren Falle. Der amorphe Zuſtand entſteht entweder durch Schmelzung, Verglaſung, indem man die geſchmolzene Maſſe zu raſch feſt werden läßt, ſo daß ſie nicht Zeit gewinnt, den kryſtalliniſchen Zuſtand wieder anzunehmen, oder er bildet ſich bei dem Eindampfen einer zähen Flüſſigkeit, wie bei Gummi, Leim, Eiweiß, der alkoholiſchen Löſungen der Harze ꝛc., oder endlich durch Fällung, indem die Niederſchläge, welche voluminös, gallertartig oder ſchleimig auftreten, als amorph zu betrachten ſind; oft nehmen dieſe Niederſchläge durch Digeriren mit der Flüſſigkeit oder bei längerem Stehen mit derſelben eine kryſtalliniſche Textur an, wie z. B. die Harnſäure, auch der kohlenſaure Kalk u. a., während viele andere auch beim Auswaſchen und Trocknen ihren amorphen Zuſtand beibehalten. Fuchs *) bezeichnet den Uebergang eines Körpers aus dem Zuſtande der Geſtaltloſigkeit in den der Geſtaltung oder das „Erwachen der Kryſtalliſationskraft" mit dem Namen der Transformation (Geſtaltung), während er die Ueberführung aus dem kryſtalliſirten in den amorphen Zuſtand die Deformation (die Entſtaltung) nennt. Einige Beiſpiele mögen zur Erklärung des ſo eben Mitgetheilten dienen. Die Kieſelerde tritt in zwei Zuſtänden auf, einmal kryſtalliſirt als Quarz und Bergkryſtall und dann im amorphen Zuſtande als Opal, welcher letztere allerdings ſtets eine größere oder geringere Menge Waſſer enthält, das aber, weil der Gehalt deſſelben ſehr variirt, als unweſentlich betrachtet werden kann; auch die künſtlich dargeſtellte, friſch gefällte Kieſelerde verhält ſich ganz wie Opal; ſie beſitzt nämlich, auch nach dem Trocknen, wie dieſer ein bedeutend geringeres ſpecifiſches Gewicht als der Quarz und löſt ſich in kochender Kalilöſung, welche den Quarz nicht oder nur ſehr wenig angreift, ebenfalls leicht auflöſen. Der Schwefel, wenn er bis auf 200° erhitzt und dann in Waſſer gegoſſen wird, erſtarrt zu einer durchſcheinenden hyacinthrothen zähen amorphen Maſſe, die nach einigen Tagen wieder gelb, undurchſichtig und kryſtalliniſch wird. Der Kohlenſtoff findet ſich kryſtalliſirt im Diamant, amorph in der Kohle und dem Ruße. Von geſtaltloſen Körpern iſt ferner hier beſonders das Glas anzuführen; dieſes läßt ſich oftmals in den kryſtalliniſchen Zuſtand überführen; das (kryſtalliniſche) ſogenannte Reaumur'ſche Porzellan erhält man z. B., wenn man grünes Glas einige Tage lang einer Glühhitze ausſetzt, bei welcher es weich iſt, ohne flüſſig zu werden; in den Glasfabriken tritt dieſe Umwandlung beſonders dann ein, wenn die Glasmaſſe von complicirter Miſchung und ſehr leichtflüſſig iſt. Die einzelnen Kryſtalle, welche man bisweilen im Glaſe antrifft, ſind gewöhnlich nadelförmig, zuweilen ſind auch deutliche vierſeitige Prismen und quadratiſche Pyramiden zu bemerken. Dieſe Kryſtalle ſind merklich

*) Schweigger's Journ. Bd. LXVII. S. 418. Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 577.

härter, als das Glas von der nämlichen Mischung, haben ein anderes specifisch Gewicht ꝛc. (Fuchs a. a. O.). Zu den Gläsern gehören auch die Schlacke von denen mehrere große Neigung zum Krystallisiren zeigen. Von verglasten M neralien führen wir den Obsidian, Bimstein, Pechstein, Perlstein u die Laven an, und von dem Opale ähnlichen, auf nassem Wege oder durch Co gulation erzeugten gestaltlosen Körpern den Allophan, Psilomela Uranpecherz, Kupfergrün ꝛc. Im amorphen Zustande kann man erhal den Borax, die Boraxsäure, die Phosphorsäure, arsenige Säu Arsenikſäure; ferner ist das bleigraue Graupießglanzerz und braunrothe Mineralkermes das erstere als die krystallisirte Abänderung, zweite als die amorphe einer und derselben Verbindung zu betrachten. Der M suvian ferner und der Kalkgranat (Grossular) sind chemisch gleich zusamm gesetzt, hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften aber verschieden; beide ge durch Schmelzen in den amorphen Zustand über und liefern hierbei ein völlig g ches Product, welcher weicher ist und ein bedeutend geringeres specifisches Gew zeigt, als jedes der beiden Mineralien im krystallinischen Zustande. — Ei amorphe Körper zeigen unter gewissen Umständen eine Veränderung ihrer p sikalischen Eigenschaften, welche man aus einem Uebergange derselben aus amorphen in den krystallinischen Zustand erkären könnte. Hiermit scheint Erglimmen vieler künstlich dargestellter Körper und einiger Mineralien zus menzuhängen. Es tritt dasselbe nämlich bei einer Erhitzung ein, welche den Schmelzpunkt des Körpers erreicht, und dieser besitzt nun nach dem Verglim ein größeres specifisches Gewicht, größere Härte und geringere Löslichkeit. gende Körper zeigen das angeführte Verhalten: Zirkonerdehydrat, Tit säurehydrat, Tantalsäurehydrat, Molybdänoxydulhydr Chromoxydulhydrat, Eisenoxydulhydrat, Rhodiumoxyd drat, wasserhaltiges basisch-arsenikſaures Eisenoxyd, a mönigsaures Kobaltoxyd, antimonsaures Kobaltoxyd und pferoxyd, ferner der Euxenit (Hauptbestandtheil: gewässerte tantal Yttererde) und besonders der Gadolinit (kieselsaure Yttererde); das l Mineral ist nach dem Erglimmen sehr unvollständig, vor demselben sehr löslich in Salzsäure, während das specifische Gewicht nach Kobell*) bei Erglimmen von 4,25 auf 4,31 zunimmt, nach Scheerer**) von 4,35 4,63. Die ähnlich zusammengesetzten Mineralien, der Orthit und der A kit, verhalten sich dem Gadolinit ganz analog (Scheerer). Die arse Säure zeigt eine merkwürdige Eigenschaft, welche hier erwähnt zu werden dient; sie läßt sich nämlich bei ihrer Sublimation im Großen in einem amor glasartigen Zustande erhalten, welcher nach und nach, ebenso wie beim Schn wieder zu verschwinden scheint, indem die Masse bei gewöhnlicher Temperatu einigen Monaten trübe und endlich weiß und ganz undurchsichtig wird; hierbe nach Guibourt, den gewöhnlichen Fällen gerade entgegengesetzt, das spec Gewicht von 3,785 auf 3,695 abnehmen und die Löslichkeit der Substa kaltem und heißem Wasser eine etwas größere werden. H. Rose***) hat ben

*) Journ. f. pr. Chem. Bd. I. S. 91.
**) Pogg. Ann. Bd. LXI. S. 493.
***) Pogg. Ann. Bd. XXXV. S. 481.

daß, wenn man die durchsichtige Säure in Salzsäure auflöst, bei der Bildung und Ausscheidung jedes einzelnen Krystalls eine Lichtentwicklung stattfindet, welche Erscheinung bei Anwendung der vollständig undurchsichtig gewordenen arsenigen Säure nicht eintritt. Hieraus ergiebt sich also, daß auch Auflösungen einen Körper im amorphen oder krystallisirten Zustande enthalten können, und daß eben durch die Umlegung der Atome bei dem Uebergang aus dem gestaltlosen in den gestalteten Zustand jene bei der krystallischen Ausscheidung der verglasten arsenigen Säure aus ihrer Auflösung in Salzsäure zu beobachtende Lichtentwicklung hervorgebracht wird. F. W.

Das zweifach phosphorsaure und das zweifach arsensaure Natron besitzen fast ganz gleiche Eigenschaften, wenn aber beide geschmolzen sind, so erstarrt das erste beim Erkalten zu einem durchsichtigen farblosen Glase, das zweite zu einer weißen undurchsichtigen krystallinischen Masse. Das phosphorsaure Salz entläßt beim Erstarren in gleicher Zeit merkbar weniger Wärme als das arsensaure, weil es in dem glasigen Zustande wahrscheinlich einen Antheil seiner Flüssigkeitswärme, d. h. seiner latenten Wärme, in einem Zustande von chemischer Verbindung zurückhält. Keine der Verbindungen der Kieselsäure mit einer Base, d. i. kein nur eine Base enthaltendes Silicat, erstarrt nach dem Schmelzen zu einem Glase, mit allein sehr basisches Bleisilicat ausgenommen; sie krystallisiren alle. Wird aber ein Gemenge dieser Silicate geschmolzen, so zeigt dasselbe eine eigenthümliche Zähflüssigkeit und Zähigkeit, es scheint die Fähigkeit zu krystallisiren verloren zu haben und bildet beständig ein Glas. Wahrscheinlich unterscheiden sich alle Körper im glasigen und krystallisirten Zustande durch die Menge der gebundenen Wärme, welche sie enthalten, wie dies für diese beiden Zustände am geschmolzenen Zucker beobachtet worden ist. Es ist bekannt, daß der Zucker als ein durchsichtiger und farbloser Körper, der im Aeußern dem Glase gleicht (Gerstenzucker, Bonbon), und als eine weiße, undurchsichtige, körnig krystallinische Masse (Hutzucker) erhalten werden kann. Der Uebergang aus dem glasigen (amorphen, gestaltlosen) Zustande in den krystallinischen ist von beträchtlicher Wärmeentwicklung begleitet. Man läßt geschmolzenen Zucker bis auf ungefähr + 38° C. abkühlen; zieht man ihn dann, während er noch weich und zähe ist, rasch und öfter aus, indem man ihn stets doppelt zusammenlegt, bis er endlich aus einer Masse von Fäden besteht, so steigt die Temperatur so hoch, daß sie der Hand unerträglich wird. Mittelst des Thermometers fand man, daß sich in einer beträchtlichen Masse in weniger als zwei Minuten die Temperatur von 40° auf 80° C. erhob. Nach diesem Freiwerden von Wärme bildet der Zucker beim Abkühlen nicht mehr eine glasartige Masse, sondern er besteht dann aus kleinen Körnern von Perlglanz. Dieselbe Veränderung kann auch allmälig erfolgen, z. B. wenn ein Stück Gerstenzucker oder ein Bonbon mit der Zeit weiß und undurchsichtig wird *).

Interessante Beobachtungen hat Wöhler**) an Lithofellinsäure gemacht. Er hatte dieselbe in kleinen (in heißem Alkohol löslichen) Krystallen erhalten. Sie schmolz bei 205° C. und erstarrte, wenn man sie nicht darüber erhitzt hatte, wieder krystallinisch. Wurde sie aber nur wenige Grade über diese Temperatur erhitzt,

*) Graham Elem. of Chemistry, Heft 3, woraus Otto in Pogg. Ann. Bd. XLVIII. S. 344 einen Auszug mitgetheilt hat.

**) Pogg. Ann. Bd. LIV. S. 255.

so erstarrte sie zu einer klaren, glasigen, durchaus unkrystallinischen Masse, d durch Reiben stark elektrisch wurde. Gießt man Alkohol auf diese Masse, so v breitet sich in ihr plötzlich mit einer gewissen Regelmäßigkeit eine große Anz feiner Sprünge, und läßt man eine, selbst ganz dünne Schicht Alkohol auf Masse liegen, so fängt diese bald an sich in ein Aggregat von regelmäßigen K stallen zu verwandeln. Die merkwürdigste Eigenthümlichkeit aber, welche j glasige amorphe Lithofellinsäure zeigt, ist, daß ihr Schmelzpunkt um 100° n driger ist, als der der krrstallisirten. Sie schmilzt nämlich zwischen 105° u 110° C. zu einer zähen fadenziehenden Masse. In Alkohol aufgelöst kann sie u der krystallisirt erhalten werden. Erhält man sie längere Zeit in einer gewiss noch nicht näher bestimmten Temperatur über ihrem Schmelzpunkte flüssig, erstarrt sie bisweilen in dieser Temperatur wieder krystallinisch. Wöhler knü hieran folgende allgemeine Bemerkung: Man kennt jetzt eine ziemlich große Anz Körper der verschiedensten Natur, die unter gewissen Umständen krystallisirt, un andern amorph sind. Bei dem Uebergange aus dem einen in den andern Zust ändern sie, wie es scheint, alle ihre physikalischen Eigenschaften, ihre Farbe, i Dichtigkeit, ihr Brechungsvermögen, ihre specifische Wärme, ihre Löslichkeit, o wesentliche Aenderung ihres chemischen Verhaltens. Man kann sogar vermut daß sich die zweierlei Zustände selbst in chemischen Verbindungen erhalten, wor z. B. die von Berzelius beobachteten krystallisirten und amorphen brenztrau sauren Salze zu deuten scheinen. Das erwähnte Verhalten der Lithofellinsä im amorphen und krystallisirten Zustande zweierlei Schmelzpunkt zu haben, ver laßte Wöhler, in dieser Beziehung noch andere Körper zu untersuchen. glaubt daraus als allgemeinen Satz folgern zu können, daß jeder dimorphe K per auch zweierlei Schmelzpunkte hat. Wöhler hat dies wenigstens bei den genden Körpern bestätigt gefunden: Zucker, Amygdalin, Pinus-Betaharz (S vinsäure) und Lithofellinsäure; alle wohl krystallisirende Körper erstarren nach Schmelzen zu durchsichtigen, glasigen Massen, ohne dadurch ihre Krystallisatio fähigkeit verloren zu haben. In diesem amorphen Zustande haben diese Kö ungleich niedrigere Schmelzpunkte als im krystallisirten.

	Krystallisirt, schmilzt bei	Amorph, schmilzt zwischen
Zucker . . .	160° C.	90° — 100°
Amygdalin . .	200	125 — 130
Sylvinsäure . .	140	90 — 100
Lithofellinsäure .	205	105 — 110

Es ist schwer, mit Schärfe den Schmelzpunkt der amorphen Körper zu bes men, da dem wirklich liquiden Zustande stets eine Erweichung vorangeht, die i gerade eigenthümlich ist. Bei den obigen Temperaturgraden waren die S stanzen so erweicht, daß sie sich in Fäden ausziehen ließen.

Analyse*). Die chemische Analyse lehrt uns die chemischen Bestandtheile Körper ermitteln, sie von einander abscheiden und ihrer Menge nach bestim Je nachdem der Gegenstand einer analytischen Untersuchung der organischen der unorganischen Natur entnommen wird, zerfällt die Analyse in zwei wese verschiedene Theile, in die organische und in die unorganische Ana Die erstere umfaßt wiederum einerseits die sogenannte Elementaranal

*) Von dem Griech. ἀναλύειν auflösen.

die Abſcheidung und Beſtimmung der Elemente oder der entfernteren Beſtandtheile, andererſeits aber die Iſolirung der näheren Beſtandtheile organiſcher Zuſammenſetzungen und Gemenge, der einfacheren ſcharf charakteriſirbaren organiſchen Verbindungen; von der Elementaranalyſe wird am Schluß dieſes Artikels Einiges zu erwähnen ſein. Zunächſt und hauptſächlich haben wir hier die analytiſchen Methoden zur Unterſuchung anorganiſcher Körper zu betrachten; dieſer Theil der analytiſchen Chemie umfaßt wiederum zwei Hauptabtheilungen, von denen die eine, der qualitative Theil der Analyſe, die Beſchaffenheit und Anzahl der Beſtandtheile, aus welchen die zu unterſuchenden Körper zuſammengeſetzt ſind, kennen lehrt, die andere aber, der quantitative Theil der Analyſe, unterſucht, in welcher Menge und nach welchen Verhältniſſen die einzelnen Beſtandtheile in jenen Subſtanzen vorhanden ſind. Es kann nicht unſere Abſicht ſein, hier eine ausführliche Beſchreibung der verſchiedenen Methoden zu geben, mit deren Hülfe man die Beſtandtheile der Körper von einander abſcheidet und ihrem Gewichte nach beſtimmt; wir müſſen in dieſer Hinſicht auf die Artikel verweiſen, welche die einzelnen Elemente und deren Hauptverbindungen behandeln, in denen man auch eine kurze Anleitung zur quantitativen Beſtimmung des betreffenden Elementes finden wird; ferner haben wir bei Gelegenheit der Artikel Ackererde und Mineralquellen eine Beſchreibung der hauptſächlichſten Methoden zur Unterſuchung von Bodenarten und von Mineralwaſſern mitgetheilt; wir werden uns deshalb hier auf die Angabe des Ganges beſchränken können, den man im Allgemeinen bei qualitativ-chemiſchen Unterſuchungen einzuſchlagen pflegt, während wir die quantitative Analyſe nur inſofern berückſichtigen wollen, als wir einige der Vorſichtsmaßregeln, die man bei der Ausführung derſelben zu beobachten hat, hier anführen und endlich beiſpielsweiſe an einigen Mineralien das Verfahren mittheilen werden, nach welchem man die einzelnen Beſtandtheile derſelben von einander trennen und quantitativ beſtimmen kann.

Die analytiſche Unterſuchung der Körper kann auf trocknem Wege ſowohl, als auf naſſem vorgenommen werden; von dem letzteren wird hier namentlich die Rede ſein, da man erſteren, welcher außer der Elementaranalyſe hauptſächlich das Verhalten der Elemente und deren Verbindungen vor dem Löthrohr umfaßt, in einem eignen Artikel, Löthrohr, ausführlich beſprochen findet.

I. Vorarbeiten für die analytiſche Unterſuchung einer anorganiſchen Subſtanz.

1) Man hat einen feſten Körper zu unterſuchen, den man, wenn er größere Kryſtalle und feſte Stücke bildet, zunächſt in einen pulverförmigen Zuſtand bringt. An dieſem Pulver muß man nun einige Verſuche auf trocknem Wege vornehmen, aus deren Reſultat man auf die chemiſche Beſchaffenheit der Beſtandtheile des Körpers oftmals ſchon einen mehr oder weniger ſicheren Schluß machen kann; die mit einem ſolchen Körper vor dem Löthrohr anzuſtellenden Verſuche ſind in dem angeführten Artikel beſchrieben; es iſt hier hauptſächlich nur von dem einfachen Verhalten der Subſtanz die Rede, wenn man ſie in einem eiſernen Löffel oder in einer offnen oder an der einen Seite zugeſchmolzenen Glasröhre der Einwirkung der Spiritusflamme ausſetzt. Wird der Körper bei dieſer Einwirkung ſchwarz, ſo deutet dies auf die Gegenwart organiſcher Subſtanzen, und entſteht, nachdem die Maſſe durch Fortglühn der organiſchen Verbindung wieder ihre weiße Farbe

angenommen hat, bei Zuſatz einer Säure ein Aufbrauſen, das man bei de urſprünglichen Körper, wenn er ebenſo behandelt wurde, nicht bemerkte, ſo erſch man hieraus, daß organiſche Säuren mit Alkalien oder alkaliſchen Erden i Verbindung waren und durch das Glühen in Kohlenſäure ſich verwand haben. Das Fortbrennen der organiſchen Subſtanz wird häufig ſehr beſchleuni durch Befeuchten derſelben mit reiner Salpeterſäure, welches Verfahren man jed bei quantitativen Analyſen nur anwenden darf, wenn der Rückſtand aus ſolch Baſen oder Verbindungen beſteht, welche nach dem Glühen keine Kohlenſäu mehr zurückhalten, wie viele Metalloxyde, oder wenn dieſe Säure bei der Unte ſuchung nicht weiter berückſichtigt wird. Nimmt ferner der in Unterſuchung genom mene Körper bei dem Glühen eine gelbliche Farbe an, ſo kann man hieraus a die Gegenwart von Zinkoxyd und Bleioxyd ſchließen, auf die des erſter wenn die Maſſe bei dem Erkalten wieder weiß wird, auf die des letzteren, wenn auch dann ihre gelbliche Farbe beibehält. Viele Mineralſubſtanzen und Kun producte entwickeln, wenn ſie in einem kleinen Glaskolben oder in der Glasröh erhitzt werden, Dämpfe, welche zum Theil an dem kälteren Theil des Glaſes ſ wieder condenſiren und eine feſte Form annehmen. Auf dieſe Weiſe kann m leicht entdecken, ob ein Körper Waſſer enthält; enthält das ausgetriebene Wa ſer etwa Fluorwaſſerſtoffſäure, wie es oftmals bei der geringen Men des Waſſers der Fall iſt, welches beim Glühen verſchiedener Mineralien, wie d Glimmers, Augits, Skapoliths ꝛc. entweicht, ſo erkennt man dieſes an der Kie erde, welche ein Tropfen deſſelben beim Verdampfen auf Glas zurückläßt, oder der gelben Farbe, welche die Dämpfe dem Fernambukpapier mittheilen; iſt au Fluorbor in dieſem Waſſer anweſend, ſo nimmt das Fernambukpapier zue die gelbe Farbe an, wird aber nach dem Trocknen weiß, und die Dämpfe verhalt ſich dann gegen das Glas nicht ätzend. Auch bemerkt man bei dem Erhitzen d Subſtanz zuweilen ammoniacaliſche Dämpfe, die man durch das Blauwerd des gerötheten Lackmuspapiers oder an ihrem Geruche erkennt; beſtehen di Dämpfe aus Queckſilber, Arſenik oder Antimon, ſo erkennt man die leicht an dem Sublimat, welches in dem kälteren Theile der Röhre ſich abſetzt; Gegenwart des Schwefels giebt ſich oft durch den Geruch nach ſchwefeli Säure, die des Jods durch violette Dämpfe kund. Schmilzt die Subſtanz ob Dämpfe auszuſtoßen, und entſteht in der geſchmolzenen Maſſe, wenn man ein Papier oder Kohle hineinwirft, eine Verpuffung, ſo deutet dies auf ſalpete ſaure oder zuweilen auf chlorſaure Salze. Man bemerkt zuweilen auch Aufſchwellen der Maſſe, ſo z. B. bei dem Borax, bei einigen Zeolithen u andern Mineralien; dieſes, wie auch das Decrepitiren der Subſtanz (Chlornatriu Chlorkalium ꝛc.) kann zuweilen neben andern Kennzeichen für die Gegenw irgend einer beſtimmten Verbindung ſprechen.

2) Bei der Gegenwart organiſcher Subſtanzen pflegt man dieſe zuerſt verbrennen, weil ſie die Scheidung und Erkennung der gleichzeitig vorhande Mineralſubſtanzen oft in hohem Grade erſchweren. Auch wünſcht man oftmals Menge der organiſchen Materie dem Gewichte nach zu beſtimmen; zu dieſem Zwe muß man aus der Subſtanz durch vorhergehendes anhaltendes Trocknen (ſ. d. A Trocknen) bei einer Temperatur, welche den Punkt, bei welchem die Verflüch gung oder Zerſetzung der organiſchen Subſtanz eintritt, nicht erreichen darf, a hygroſkopiſche Feuchtigkeit austreiben und erſt nach der vollſtändigen Entfernu

derselben bestimmt man durch Glühen die Menge der flüchtigen Körper. Man kann diese Bestimmung des Glühverlustes in einem Platintiegel vornehmen, nur darf dieses auf keine Weise geschehen, wenn man in der zu untersuchenden Substanz solche Metalle gefunden hat oder irgendwie vermuthen kann, welche durch die beim Glühen zuerst sich bildende Kohle reducirt werden können, indem dann das Platin mit diesen zu mehr oder weniger leichtflüssigen Legirungen sich verbinden und der Tiegel auf diese Art sehr bald zerstört werden würde; besonders würde dies bei der Gegenwart von Blei- oder Arsenikverbindungen sich ereignen, in diesen Fällen muß man daher die Anwendung der Platintiegel sorgfältig vermeiden und statt deren sich kleiner dünnwandiger Porzellantiegel oder Schalen bedienen. Wo man ferner die Bildung von freiem Chlor, Jod, Fluor ꝛc. zu befürchten hat, darf man ebenfalls die Platingefäße nicht anwenden, weil sie auch von diesen Dämpfen angegriffen werden.

3) Oftmals ist es wünschenswerth, die flüchtigen Stoffe, namentlich wenn dieselben dem Mineralreiche angehören, direct ihrer Beschaffenheit, wie ihrer Menge nach zu bestimmen, und in diesem Falle muß man Vorkehrungen treffen, um die beim Glühen entweichenden Dämpfe aufzufangen. Zur Bestimmung der Destillationsproducte eines Mineralkörpers bedient man sich gewöhnlich einer kleinen Porzellanretorte oder zuweilen einer kleinen gläsernen Retorte, je nachdem die Hitze, welche man anwenden muß, einen mehr oder weniger hohen Grad erreicht. Die Retorte wird vor und nach dem Hineinbringen des zerstoßenen Körpers gewogen und der Hals mittelst einer Kautschukröhre mit einer tubulirten Vorlage verbunden. Die Beschaffenheit der sich verflüchtigenden Körper erfordert einen mehr oder weniger complicirten Apparat; besteht derselbe nur in Wasser, so braucht man nur eine gewogene Chlorcalciumröhre, ähnlich wie bei der Elementaranalyse einer organischen Substanz, vorzulegen; man muß in diesem Falle sorgfältig beachten, ob die zur Anwendung gebrachte Retorte völlig trocken war, weil sonst die von derselben zurückgehaltene Feuchtigkeit das Resultat des Versuches ungenau machen würde. Ist das Destillationsproduct eine Säure oder eine Base, so muß man auf geeignete Weise eine Absorption bewirken, wie man z. B. das Ammoniak in Salzsäure leitet und sodann in der Flüssigkeit die Menge desselben bestimmt.

4) Will man ein Mineral einer genauen quantitativen Analyse unterwerfen, so ist es vor allen Dingen nothwendig, die Auflösung desselben zu bewirken, um in diesem Zustande die Abscheidung und Wägung der einzelnen Bestandtheile vornehmen zu können. Ist der zu untersuchende Körper in Wasser unlöslich, so muß man denselben zunächst pulverisiren und das möglichst feine Pulver der Operation des Schlämmens unterwerfen; die praktische Ausführung dieser Operationen findet man in den Artikeln Pulverisiren und Schlämmen beschrieben.

a) Die Auflösung mittelst einer Säure geschieht in einem Glaskolben bei allmälig steigender Temperatur, namentlich wenn in der sich auflösenden Masse, wie es bei metallischen Körpern der Fall ist, die durch Salpetersäure oder Königswasser erst oxydirt werden, ein heftiges Spritzen und Aufbrausen sich zeigt; auch muß man, um den hierdurch möglich werdenden Verlust gänzlich zu vermeiden, den Glaskolben auf der Sandkapelle unter 45° gegen die Ebene derselben geneigt stellen; es ist ferner im voraus zu untersuchen, ob die zur Operation

benutzten Glasgefäße durch die concentrirten Säuren nicht angegriffen werden
indem z. B. die Schwefelsäure nicht selten das Glas theilweise auflöst, in welchem
Falle es für den hier angegebenen Zweck untauglich wird. Die Säure, welch
man als Auflösungsmittel anwendet, ist in der Regel die Chlorwasserstoff
säure oder bei metallischen Verbindungen die Salpetersäure oder d
Königswasser; seltener bedient man sich hierzu der Schwefelsäure, d
die Gegenwart derselben bei dem Verlaufe der Analyse nicht selten Schwierigkeit
verursacht, welche bei der Anwendung der Chlorwasserstoffsäure nicht stattzufinde
pflegen. In allen Fällen sind Platingefäße, ausgenommen bei Anwendung d
Königswassers, den Glasgefäßen vorzuziehen, und am besten nimmt man die Au
lösung in einem größeren Platintiegel mit umgekehrt aufgelegtem Deckel vor; d
ein solches Gefäß angewendet werden muß, wenn man mit der Fluorwasser
stoffsäure zu operiren hat, versteht sich von selbst und nur im Nothfalle od
bei minder genauen Untersuchungen kann man statt dessen sich eines bleiernen Ti
gels oder einer Retorte von diesem Metall bedienen. Es giebt einige Minera
körper, z. B. die Silicate der Thonerde, welche nach dem Glühen sich nur schwier
und unvollständig in Säuren auflösen lassen; man muß deswegen zur Bestimmun
des Wassergehalts einen eignen Theil und zur Auflösung in der Säure ein
andern Theil des frischen Minerals verwenden. Ist jedoch von dem letztern kei
hinreichende Quantität vorhanden, so kann man die geglühte Substanz nach d
Vermischen mit kohlensaurem Kali, Natron oder Baryt oder in einigen Fäll
mit kaustischem Kali einer starken Glühhitze aussetzen, durch welche Operati
unter Abscheidung der Metalloxyde und Erden eine Verbindung zwischen der K
selerde des Minerals und dem Alkali bewirkt wird. Die in dem Tiegel befindli
geschmolzene oder zusammengesinterte Masse wird dann leicht durch Chlorwass
stoffsäure zersetzt, die Kieselsäure ausgeschieden und die übrigen Bestandtheile w
den zur weiteren Untersuchung und Bestimmung in Auflösung gebracht.

b) Man hat bei der Aufschließung der in Säuren unlöslichen oder sch
löslichen Verbindungen einige Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, die hier k
erwähnt zu werden verdienen. Man mengt das gewogene Mineralpulver in ein
hinlänglich geräumigen Platintiegel mit dem völlig entwässerten kohlensaur
Natron oder Kali sorgfältig, indem man hierzu sich einer am Ende zugeschm
zenen und abgerundeten Glasröhre oder eines kleinen Platinspatels bedie
auch kann man, namentlich bei Anwendung des kohlensauren Natrons, die Mengu
recht gut in einem vorher etwas gewärmten gut ausgeschliffenen Achatmörser vornehm
den man zuletzt, nachdem man die Mischung in einen Platintiegel gebracht
noch mit etwas reinem kohlensauren Natron ausreibt und dies:s zu der ant
Quantität in dem Tiegel hinzufügt. Man nimmt von dem kohlensauren Na
oder Kali, oder einer Mischung von beiden, gewöhnlich das Drei- bis Fünff
des Gewichtes vom Steinpulver; das kohlensaure Natron pflegt man dem koh
sauren Kali vorzuziehen, weil es im entwässerten Zustande weniger schnell W
aus der Luft anzieht und weil das letztere häufig mit Kieselerde verunreinigt
kommt. Wendet man beim Glühen Holzkohlen als Brennmaterial an, so
man den Platintiegel, welcher das Gemenge enthält, in einen größeren hessi
Tiegel hinein, in welchem sich etwas reiner Quarzsand oder kohlensaure Mag
befindet, und bedeckt den hessischen Tiegel mit einem Deckel, der ebenfalls
feuerfestem Thon besteht und durch welchen das Hineinfallen der Kohle und die

unreinigung der in dem Platintiegel enthaltenen Substanz verhindert wird, welches noch sicherer geschieht, wenn man den Deckel des kleinen Tiegels durch Umwickeln desselben mit Platindraht gut befestigt, so daß selbst, wenn der Tiegel in eine schiefe Stellung geräth, dennoch nichts von der Substanz verloren gehen kann. Man setzt die Masse anfangs einer gelinden Hitze aus, die allmälig bis zum Schmelzen gesteigert wird, falls überhaupt die Masse zusammengeschmolzen werden kann; bei anfangs zu starker oder zu schnell zunehmender Hitze geräth die Masse wegen des Entweichens von Kohlensäure leicht in ein heftiges Spritzen und Aufbrausen, wodurch theils das Sammeln der geschmolzenen Masse schwierig und mühsam wird, theils auch zwischen Tiegel und Deckel etwas hervordringen und verloren gehen kann; in dem letztern Falle ist man genöthigt, den Versuch zu wiederholen. Das Glühen, für welches die Dauer einer Stunde gewöhnlich mehr als hinreichend ist, kann in einem gewöhnlichen kleinen tragbaren Ofen bei Anwendung von Holzkohlen vorgenommen werden, oft aber auch auf der Berzelius'schen Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge und noch besser auf der Plattner'schen Glühlampe mit dem Blasebalg. Man vermeidet bei den letztern Methoden das Unangenehme des Kohlenstaubes und ist zugleich im Stande, die Hitze besser zu reguliren und deswegen auch mit größerer Sicherheit zu bestimmen, wann die Operation vollendet ist.

c) In einigen Fällen, namentlich wenn man die Analyse von Mineralien vornehmen will, welche Zirkonerde, Tantalsäure oder Zinnoxyd enthalten, indem diese durch kohlensaures Alkali nicht vollständig aufgeschlossen werden, bedient man sich des kaustischen Kali's. Das gewogene Steinpulver wird in einem geräumigen Silbertiegel mit dem Vier- bis Sechsfachen des Gewichtes von Kalihydrat gemengt und bei allmälig steigender Hitze über der Spirituslampe zusammengeschmolzen, wobei man sehr vorsichtig verfahren und der Tiegel beständig mit dem convex nach innen gebogenen Deckel bedeckt sein muß, indem nämlich das Kalihydrat leicht schmilzt und unter heftigem Umherspritzen Wasser verliert; man darf deswegen erst dann eine größere bis zum Glühen gehende Hitze anwenden, wenn das überschüssige Wasser vollständig ausgetrieben und die Masse in ruhigen Fluß gerathen ist; das Glühen wird wenigstens eine Stunde lang fortgesetzt. Bei dieser Methode erhält man gewöhnlich die zu untersuchende Substanz mit etwas Silber vermischt, und das dadurch während der Analyse entstehende und sich abscheidende Chlorsilber erfordert oft umständliche Operationen und veranlaßt deswegen manchmal Ungenauigkeiten in dem Resultat der Analyse. Man hat deshalb in neuerer Zeit die angeführte Methode zur Aufschließung von Mineralien so viel als möglich vermieden und anstatt derselben eine von Abich zuerst vorgeschlagene Methode allgemein in Anwendung gebracht, nicht nur bei den zirkon-, tantal- und zinnhaltigen Mineralien, sondern überall, wo in einem nicht durch Säuren zersetzbaren Körper die Alkalien quantitativ genau bestimmt werden sollen. Man mengt nämlich, ebenso wie oben bei dem kohlensauren Alkali angegeben wurde, das pulverisirte und sorgsam geschlämmte Mineralsubstanz mit dem Vier- bis Sechsfachen des Gewichtes von kohlensaurem Baryt und zwar so innig, wie es auf mechanischem Wege überhaupt nur möglich ist; sodann setzt man die Mischung, nachdem man sie in einen Platintiegel, welcher wieder in einem hessischen Tiegel eingeschlossen ist, gebracht hat, in dem Sefström'schen Gebläseofen 10 Minuten

lang der Weißglühhitze aus, bei welcher Hitze der kohlensaure Baryt mit d Mineral zusammenschmilzt und dieses mit Leichtigkeit auflöst.

d) Nach Beendigung der soeben beschriebenen Operation läßt sich gewöhnl die zusammengeschmolzene Masse aus dem Tiegel durch leises Zusammendrücken Wände desselben herausbringen; bleibt noch etwas festsitzen, so löst man dieses verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf und spült den Tiegel mit destillirtem Wa sorgfältig aus. Nur bei dem Zusammenschmelzen des Minerals mit kaustisd Kali muß man die Masse mit dem Tiegel in eine geräumige Porzellanschale o in ein Becherglas stellen und hier mit einem Ueberschuß von Chlorwasserstoff üb gießen, weil durch einfaches Drücken der Wände des Tiegels die Masse sich n aus dem Tiegel herausbringen läßt. Bei derselben Methode bleibt auch oft Theil des Steinpulvers unaufgeschlossen, namentlich bei thonerdehaltigen Min lien; man muß deshalb häufig das Glühen mit kaustischem Kali 4 bis 5 mal w derholen, ein Uebelstand, welcher bei Anwendung des kohlensauren Baryts in Regel mit Leichtigkeit sich vermeiden läßt. — Bei dem Auflösen der zusammen schmolzenen Masse in Chlorwasserstoffsäure muß man dafür Sorge tragen, durch Aufbrausen bei dem Entweichen der Kohlensäure nichts von der Auflös mit fortgerissen wird, zu welchem Zwecke man gewöhnlich die Masse in ein h Becherglas bringt und dieses mit einem Uhrglase bedeckt, wodurch jeglicher Ver unmöglich wird. Man muß die Chlorwasserstoffsäure stets mit einer hinlängli Quantität Wasser verdünnen und dieselbe nur nach und nach zusetzen, indem m dadurch ein zu heftiges Aufbrausen verhindert; ist die Säure zu concentrirt, scheidet sich das Chloralkali aus, indem dieses in concentrirter Chlorwasserstoffs unlöslich ist. Giebt sich nach der Auflösung bei dem Umrühren mit einem G stabe auf dem Boden des Gefäßes ein feiner Sand durch Knirschen zu erkennen ist die Auflösung des Minerals nicht vollständig gelungen und man thut in di Falle am besten, wenn man diese Probe verwirft und eine neue Quantität Minerals zu einem andern Versuche verwendet; kann dieses jedoch aus Mange Substanz nicht geschehen, so muß man den festen Rückstand abfiltriren, gut waschen und nochmals mit kohlensaurem Alkali oder Baryt zusammenschmelzen die hierdurch gewonnene Masse zu der zuerst erhaltenen Auflösung hinzufügen.

e) Der salpetersaure Baryt wird nur selten anstatt des kohlensau Barvts benutzt, höchstens nur bei solchen Mineralien, welche wie der Glimmer nicht gut fein pulvern und schlämmen lassen oder der Einwirkung des koh sauren Barvts widerstehen. Die salpetersaure Verbindung wirkt allerdings kr ger, weil beim Glühen durch Zersetzung der Salpetersäure kaustischer Baryt steht, jedoch hat man bei dieser Methode die Unannehmlichkeit, daß die schmelz Salzmasse sehr leicht über den Tiegel steigt oder durch Spritzen etwas verl geht. Weil der kaustische Baryt das Platin angreift, bedient man sich hierbei silbernen Tiegel; man erwärmt die Mischung des (nicht mehr decrepitirenden) G zes mit dem Mineralpulver zuerst vorsichtig über der Spirituslampe, bis der gr Theil der Salpetersäure zersetzt ist, und bringt sodann den Tiegel in Kohlenfe mittelst dessen man eine solche Hitze giebt, als der Tiegel vertragen kann, ohn schmelzen. Besser als mit salpetersaurem Baryt kann man das Mineralpu auch unmittelbar mit Barythydrat mischen, die Mischung mit einer Lage kohlensaurem Baryt überdecken und sodann ebenfalls der Glühhitze aussetzen.

f) Um den Alkaligehalt kieseliger Mineralien zu untersuchen, läßt sich sehr gut, nach der von Berzelius vorgeschlagenen Methode, die Verbindung mittelst Flußspath zersetzen. Ungefähr 5 Theile zerstoßenen Flußspaths werden mit 1 Theil des Mineralpulvers in einem geräumigen Platintiegel gemengt und sodann mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und erwärmt, bis alle Kieselerde als Fluorkieselgas entwichen und alle freie Schwefelsäure ausgetrieben worden ist. In dem Rückstande bestimmt man nach dem Befeuchten mit Chlorwasserstoffsäure und dem Auflösen in Wasser die Menge der einzelnen Bestandtheile. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß man sich statt des Flußspaths noch besser der reinen Fluorwasserstoffsäure zur Auflösung kieseliger Mineralien bedienen kann, da man mit Hülfe derselben auch die Menge der in dem Mineral etwa enthaltenen Kalkerde erfahren und überhaupt in weit kürzerer Zeit als auf irgend eine andere Weise zu genauen analytischen Resultaten gelangen kann. Man übergießt das Mineralpulver in einer geräumigen Platinschale mit der Säure, deren Einwirkung bei bedeutender Concentration gewöhnlich sehr heftig ist, so daß man mit der gehörigen Vorsicht verfahren muß, weil die Masse sonst leicht ins Kochen geräth und durch Umherspritzen etwas verloren gehen kann; nachdem die erste Einwirkung vorüber ist, setzt man ein wenig Schwefelsäure hinzu, dampft das Ganze bis zur Trockenheit ein und erhitzt zuletzt den Rückstand bis zum schwachen Glühen. — Da man nicht immer größere Platingefäße bei der Hand hat, so kann man sehr gut den Aufschließen eines Minerals mittelst Fluorwasserstoffsäure sich des von Berzelius in Anwendung gebrachten Apparates bedienen; dieser besteht aus einer bleiernen Schale mit plattem Boden (6 Zoll im Durchmesser); in der Mitte befindet sich eine Erhöhung, welche eine flache Platinschale trägt; die ganze Bleischale wird mit einem Deckel von Blei und einem Handgriffe versehen. Das Mineralpulver bringt man etwas angefeuchtet in die kleine Platinschale, legt auf den Boden des größeren Gefäßes $1/2$ Zoll hoch zerstoßenen Flußspath, übergießt diesen mit Schwefelsäure und läßt die sich entwickelnde Flußsäure auf das Mineralpulver, bei Anwendung von 2 Grammen des letzteren, etwa 2 Stunden lang bei gelinder Hitze einwirken.

g) Es ist schließlich noch eines kräftigen Auflösungsmittels schweraufschließbarer Substanzen auf trockenem Wege Erwähnung zu thun, nämlich des sauren schwefelsauren Kali's; dieses wendet man namentlich zum Aufschließen titan-, tantal- und wolframsaurer Verbindungen an, sowie man nach Rose auch bei Untersuchung der Verbindungen der Thonerde mit Talkerde oder Zinkoxyd (Spinell und Gahnit), des Chromeisens und anderer Mineralien sich dieses Mittels bedienen kann. Einen Theil des gepulverten und geschlämmten Minerals mengt man mit 5 bis 6 Theilen des sauren schwefelsauren Kali's und erhitzt das Gemenge in einem bedeckten Platintiegel allmälig bis zum Schmelzen, wobei nach und nach Alles zu einer durchsichtigen Masse aufgelöst wird, welche man nach dem Erkalten mit Wasser erhitzt und aus dem Tiegel zur weiteren Untersuchung herausschafft. — Eine Mischung von 1 Th. kohlensaurem Natron mit 3 Th. Salpeter wird angewendet, wo man die völlige Oxydation einiger Substanzen, wie Arsenik, Schwefel, Chrom ꝛc. bezweckt; die durch Verpuffen der Verbindungen solcher Körper mit jener Mischung gebildete Arsenikſäure, Schwefelsäure ꝛc. hat sich mit dem Alkali verbunden, ist in Wasser auflöslich und auf diese Weise von etwa vorhandenen Metalloxyden, die ungelöst zurückbleiben, trennbar. Bei Metalllegirungen

bewirkt man die Auflösung und gleichzeitige Trennung einiger Bestandtheile zuweile auch durch einen Strom von Chlorgas, indem nämlich einige Chlorverbindun gen, wie Schwefel- und Arsenikchlorür, flüchtig sind, während andere Chlormetall zurückbleiben; die flüchtigen Substanzen fängt man in einer mit Wasser versehene Vorlage auf.

Wenn man eine zu untersuchende Substanz durch irgend eines der angegeb nen Mittel in den auflöslichen Zustand versetzt und dadurch zur näheren Prüfu vorbereitet hat, geht man zur Analyse selbst über, welche zunächst nur die Besch fenheit der Bestandtheile und dann erst deren Menge in Betracht zieht.

II. Qualitative Untersuchung.

Wie schon angeführt wurde, kann man oft aus dem einfachen Verhalten ein festen Substanz gegen die Hitze auf das Vorhandensein einiger besonderen Bestan theile schließen; ebenso kann die Auflöslichkeit des Körpers in Wasser, oder ei bestimmten Säure, oder dessen Unlöslichkeit in diesen Mitteln, sowie die Erscheinungen, welche man hierbei eintreten sieht, bei gehöriger Aufmerksamkeit auf d Weg leiten, den man bei der näheren Prüfung einzuschlagen hat, um am schne sten zum Ziele zu gelangen. Die kohlensauren Verbindungen verrathen z. B. bei der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure durch das Aufbrausen der e weichenden Kohlensäure, das Vorhandensein von Hyperoxyden giebt sich du die Entwicklung von Chlorgas zu erkennen, und die Schwefelmetalle zeig bei einer solchen Behandlung einen durchdringenden Geruch nach Schwefelwass stoff, während bei Anwendung der Salpetersäure oder des Königswassers als A lösungsmittels derselben der Schwefel als solcher in Tropfen oder in einer zusa menhängenden porösen Masse sich abscheidet, welche leicht aus der Flüssigkeit h ausgenommen und für sich ihrem Gewichte nach bestimmt werden kann; das Se len scheidet sich aus seinen Verbindungen mit Metallen, wenn man diese mit Sa petersäure erhitzt, als eine zähe braune Masse aus; in der Flüssigkeit ist außerd stets noch eine größere Menge von Schwefelsäure oder von seleniger Säure vorh den, die bei quantitativen Bestimmungen in Betracht gezogen werden muß.

Hat man durch irgend eine der im Vorhergehenden besprochenen Metho die zu untersuchende Verbindung in Auflösung gebracht, so pflegt man zur Auf dung der etwa vorhandenen Basen und Säuren einen verschiedenen Gang Untersuchung einzuschlagen, wobei jedoch zu bemerken ist, daß man oftmals bei Auffindung der Basen auch von der Gegenwart dieser oder jener Säure sich überzeugen Gelegenheit hat. Enthielt die zu analysirende Substanz Kiesel säure, so bildet die Abscheidung derselben gewöhnlich die erste der vorzunehm den Operationen. Bei der Behandlung mit Säuren scheidet sich die Kieselsä gewöhnlich als flockige oder gallertartige Substanz aus, während ein Theil d selben in der Auflösung bleibt; um sie vollständig abzuscheiden und bei quantitati Untersuchungen in einen wägbaren Zustand zu bringen, muß man die ganze Fl sigkeit bei gelinder Hitze und zuletzt im Wasser- oder Sandbade bis zur Trocken eindampfen, den Rückstand mit etwas concentrirter Chlorwasserstoffsäure befeuch weil beim Eintrocknen leicht ein Theil des etwa vorhandenen Chloraluminums Eisenchlorids sich zersetzt haben kann, und sodann, nachdem man die Masse e eine Stunde lang an einem erwärmten Orte hat stehen lassen, destillirtes Wa hinzufügen und die ausgeschiedene Kieselsäure auf ein Filtrum bringen, mit w

dem man sie nach dem Auswaschen und Trocknen verbrennen kann, um sie zuletzt auf der Wage ihrem Gewichte nach zu bestimmen. Die so ausgeschiedene Kieselsäure muß weiß sein, eine voluminöse leichte Masse bilden und sich weich anfühlen lassen; wenn sie vollkommen rein ist, darf concentrirte Chlorwasserstoffsäure nichts auflösen und beim Digeriren mit derselben nicht gefärbt werden; mit kohlensaurem Natron auf Kohle zusammengeschmolzen muß sie eine klare farblose Glasperle geben, sich sowohl vor wie nach dem Glühen in concentrirter Lösung von kohlensaurem Natron ohne Rückstand auflösen und durch Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure ohne Rückstand verflüchtigen lassen. Wenn sich die Kieselerde bei diesen Prüfungen als unrein erweist, so muß man dieselbe entweder mit kohlensaurem Alkali zusammenschmelzen (s. oben) oder den nach Behandlung mit concentrirter Lösung von kohlensaurem Kali oder Natron gebliebenen Rückstand für sich einer besonderen Untersuchung unterwerfen.

Um in einer **Auflösung die verschiedenen Basen aufzufinden**, kann man einen bestimmten Gang einschlagen, den man stets befolgen muß, wenn man nicht, wie es gewöhnlich der Fall ist, durch besondere Anzeichen zu der Ueberzeugung gelangt ist, daß diese oder jene Basis oder Säure oder eine ganze Classe (gegen gewisse Reagentien analog sich verhaltenden) Körpern in der Auflösung nicht vorhanden sein kann, wodurch natürlich die im Folgenden beschriebene Untersuchungsmethode mehr oder weniger bedeutende Abkürzungen erleiden wird. Zuerst setzt man zu der Auflösung, in welcher man das Vorhandensein der am häufigsten vorkommenden Basen und Säuren annehmen kann, solche Reagentien hinzufügen, welche die Trennung ganzer Reihen oder Classen von Körpern von einander bewirken, und diese in eine feste, pulverförmige Form versetzen, in welcher sie sowohl auf trocknem Wege als auch nach dem Wiederauflösen einer weiteren Untersuchung unterworfen werden können.

A) **Auffindung der Basen.** 1) Man setzt zu der Auflösung etwas **Chlorwasserstoffsäure**, wenn sie neutral und nicht schon mittelst dieser Säure bewirkt worden ist. War auch **Salpetersäure** in der Auflösung zugegen, so wird Chlor frei und man thut in diesem Falle wohl, das Ganze einzudampfen, bis der Chlorgeruch auch bei Zusatz von mehr Chlorwasserstoffsäure völlig verschwunden ist, weil das freie Chlor auf die Reactionen des Schwefelwasserstoffs schädlich einwirken kann. Hat man sich im voraus von der Abwesenheit der Salpetersäure überzeugt und wird bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure zu einer concentrirten Auflösung dennoch Chlor frei, so beweist dies, daß in der wässerigen Lösung **Manganoxyd**, **Ceroxyd**, **Mangansäure**, **Vanadinsäure**, **Bromsäure** oder **Selensäure** enthalten sind; auch **chlor-**, **brom-** und **iodsaure Salze** können zur Entwicklung von Chlor Veranlassung geben. Bei Hinzufügung der Chlorwasserstoffsäure bemerkt man häufig das Entstehen eines Niederschlages, der durch einen Ueberschuß der Säure und beim Erhitzen der Lösung gewöhnlich wieder verschwindet, in einigen Fällen jedoch bleibt, welches Letztere namentlich bei der Gegenwart der **Tantalsäure**, **Wolframsäure** und **Titansäure** und besonders dann geschieht, wenn **Silber**, **Quecksilber** und in einer concentrirten Lösung auch wenn **Blei** vorhanden ist; der Niederschlag des Chlorbleis verschwindet jedoch wieder durch Hinzufügung einer größern Quantität Wasser. Die Titan- und Wolframsäure lassen sich leicht vor dem Löthrohr erkennen, und die Wolframsäure außerdem durch ihre Auflöslichkeit in Schwefelwasserstoff-Ammoniak

von den andern so gefällten Substanzen unterscheiden. War die Auflösung alkalisch, so scheidet sich auch oft durch Zusatz einer Säure Kieselsäure aus, die ebenfalls vor dem Löthrohr oder auf die oben angegebene Weise näher untersucht werden kann. Die in Wasser löslichen Schwefelsalze entwickeln meistens bei Hinzufügung der Chlorwasserstoffsäure Schwefelwasserstoffgas, und es bleibt dann gewöhnlich eine Schwefelverbindung gelöst, während eine andere sich ausscheidet, die für sich einer weiteren Untersuchung unterworfen werden muß.

2) Es wird zu der sauren Auflösung Schwefelwasserstoffwasser gesetzt oder besser so lange Schwefelwasserstoffgas hineingeleitet, als noch ein Niederschlag entsteht. Dunkelfarbige Schwefelmetalle schlagen sich nieder bei Gegenwart von Tellur, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Quecksilber, Kupfer, Blei, Wismuth, Zinn (jedoch nur wenn es als Chlorür oder Oxydul zugegen ist, sonst bildet sich ein citronengelber Niederschlag), Molybdän, Wolfram, Selen. Das Selen wird auf diese Weise nicht gefällt, wenn es als Selensäure in Verbindung mit einem durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metalloxyd zugegen war, oder nur wenn die Selensäure durch anhaltendes Digeriren mit Chlorwasserstoffsäure in selenige Säure verwandelt worden ist, und zwar dann mit hellgelber Farbe, die aber beim Erhitzen der Flüssigkeit dunkelgelb oder fast zinnoberroth wird. Das Wolfram, als Wolframsäure, läßt sich in der Regel auf diese Weise nicht niederschlagen, jedoch fällt es nach der Auflösung in Schwefelwasserstoff-Ammoniak durch Zusatz einer Säure als Schwefelmetall nieder. Das Schwefelqueckſilber erscheint zuweilen mit heller Farbe. Die hellen Niederschläge mittelst Schwefelwasserstoff deuten auf Arsenik, Antimon, Cadmium, Zinn. Ist der Arsenik als Arsenikſäure zugegen, so bildet sich nur schwierig ein Niederschlag und man muß dann dieselbe lieber durch Kochen mit schwefeliger Säure in arsenige Säure verwandeln. Zuweilen zeigt sich nach dem Hinzufügen des Schwefelwasserstoffs kein eigentlicher Niederschlag, sondern nur eine helle milchige Trübung, die von ausgeschiedenem Schwefel herrührt, welches die Gegenwart gewisser leicht in niedrige Oxydationsstufen übergehender Verbindungen, namentlich von Manganoxyd, Eisenoxyd und Chromsäure, beweist, die aus sauren Auflösungen durch Schwefelwasserstoff sich nicht fällen lassen. — Im Allgemeinen pflegen sich die dunkelfarbigen Schwefelmetalle bei der obigen Behandlung zuerst und darauf erst die hellfarbigen auszuscheiden.

Hat man auf die angeführte Weise aus einer Auflösung eine Menge von Schwefelmetallen niedergeschlagen, so bietet das Schwefelwasserstoff-Ammoniak ein bequemes Mittel dar, sie in zwei verschiedene Classen zu trennen, indem ein Theil derselben in diesem Präparate auflöslich, ein anderer Theil unlöslich ist.

a) Aufgelöst werden: Molybdän, Wolfram, Arsenik, Antimon, Zinn, Tellur und Selen. Gold, Platin, Palladium, Iridium und Osmium zeigen hierbei meistens unbestimmte Reactionen; jedoch löst sich meistens der größte Theil des Schwefelgoldes und Schwefelplatins ebenfalls auf. Die durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak erhaltene Auflösung wird nun mit Wasser verdünnt und allmälig Chlorwasserstoffsäure zugesetzt, bis die Flüssigkeit sauer reagirt; es scheiden sich die oben genannten Schwefelmetalle dadurch, und zwar wegen Beimengung von Schwefel gewöhnlich mit etwas lichterer Farbe, wieder aus, welches durch gelindes Digeriren noch wesentlich befördert wird. In diesem Niederschlage erkennt man nun die Gegenwart der einzelnen Metalle theils auf trocknem Wege mit Hülfe des Löth-

rohre, theils nach dem Wiederauflösen in Salpetersäure oder in der ursprünglichen der Untersuchung unterworfenen Auflösung auf folgende Weise: Bei Gegenwart von Goldoxyd zeigt sich bei dem Zusatz einer durch Chlorwasserstoffsäure klar gemachten Auflösung von Zinnchlorür eine purpurrothe Färbung, oder man entdeckt es dadurch, daß bei Hinzufügung einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul oder von schwefeliger Säure ein rothbraunes Pulver von metallischem Golde gefällt wird. Das Zinnoxydul bewirkt gewöhnlich in der concentrirten Auflösung bei dem Verdünnen mit vielem Wasser eine milchige Trübung; das Hauptmerkmal auf Zinnoxydul ist jedoch eine verdünnte Goldlösung, die eine purpurrothe Färbung erzeugt. Zinnoxyd und Antimonoxyd erkennt man vor dem Löthrohr oder daran, daß die chlorwasserstoffsaure Auflösung des Antimons durch Hinzufügen von vielem Wasser milchig wird; ist nur eins von beiden Oxyden zugegen, so erkennt man jedes derselben an der Farbe ihrer Schwefelverbindungen, indem das Schwefelantimon eine dunkelpomeranzengelbe Farbe darbietet, während das Schwefelzinn weit heller, nämlich citronengelb, gefärbt ist. Bei Gegenwart des Platins erhält man, bei hinreichender Concentration, mit einer concentrirten Lösung von Chlorkalium oder Salmiak einen gelben Niederschlag, namentlich nach Hinzufügung von Alkohol. Arsenik erkennt man am besten vor dem Löthrohr durch Reduction desselben in einer kleinen, an dem einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre (s. d. Art. Löthrohr).

b) Der nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak gebliebene Rückstand kann enthalten: Quecksilber, Kupfer, Blei, Wismuth, Cadmium; auch Iridium, Osmium, Rhodium und Palladium, zuweilen selbst Gold, Platin und etwas Zinn. Man digerirt diese Schwefelmetalle zuerst mit Salpetersäure, wodurch man Quecksilber (oft nicht vollständig), Kupfer, Blei, Wismuth und Cadmium aufgelöst erhält; die edlen Metalle, wie Gold und Platin, wenn sie noch vorhanden sind, bleiben ungelöst zurück; sie werden auf einem Filtrum gesammelt, mit diesem verbrannt und können nach dem Wiederauflösen in Königswasser durch Reactionen erkannt werden. Das Kupfer giebt sich leicht durch den braunen Niederschlag mit Cyaneisenkalium und durch die blaue Färbung nach Zusatz von Ammoniak zu erkennen. Blei entdeckt man mit Schwefelsäure, mit welcher es eine unlösliche Verbindung bildet. Quecksilber erkennt man in der Sublimation desselben im reguliniſchen Zustande, wenn man die Auflösung eintrocknet und den Rückstand mit Kalk gemengt erhitzt. Von der Gegenwart des Wismuths, Zinns und Cadmiums überzeugt man sich am leichtesten durch die Prüfung ihres Verhaltens vor dem Löthrohr bei der Reduction mittelst des kohlensauren Natrons; von der des Wismuths außerdem noch, wenn man einen Theil der Flüssigkeit eindampft, bis der größte Theil der Salpetersäure entfernt ist, darauf ein wenig Chlorwasserstoffsäure und viel Wasser hinzusetzt, wodurch eine milchige Trübung entstehen wird.

3) Die von den mittelst Schwefelwasserstoff aus der sauren Auflösung gefällten Schwefelmetallen abfiltrirte Flüssigkeit wird mit Ammoniak gesättigt und dann mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak versetzt. Hierdurch werden als Schwefelmetalle gefällt: Eisen, Mangan, Zink, Kobalt, Nickel und Uran und als Oxyde die Erden: Thonerde, Beryllerde, Thorerde, Yttererde, Ceroxydul, Zirconerde, Titansäure, Chromoxyd und Tantalsäure. Man kann die Ausscheidung dieser Erden, welche nur durch die Gegenwart des freien Ammoniaks bewirkt

wird, verhindern, wenn man zu der Auflösung vor dem Behandeln mit Schwefel wasserstoff-Ammoniak Weinsteinsäure hinzufügt, wodurch jene Erden in der Lösun zurückgehalten werden, die Schwefelmetalle jedoch als solche niederfallen. Ma muß jedoch möglichst wenig Weinsteinsäure anwenden, weil sonst die Gegenwar derselben den Gang der Analyse complicirt machen würde.

a) Man filtrirt die Schwefelmetalle ab, süßt sie mit destillirtem Wasser, da etwas Schwefelwasserstoff-Ammoniak enthält, aus, untersucht den Rückstand vo dem Löthrohr, oder löst ihn in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf, mit welch man denselben so lange digerirt, bis die Auflösung nicht mehr nach Schwefelwasse stoff riecht; wird der Niederschlag nicht vollständig aufgelöst, so muß man no etwas Salpetersäure hinzufügen und digeriren. Bei Gegenwart von Nickeloxy ist die Flüssigkeit blau gefärbt, und es entsteht durch Kali ein apfelgrüner Niede schlag; Kobaltoxyd giebt sich schon durch eine rosenrothe Färbung der Lösun zu erkennen und läßt sich außerdem, ebenso wie Mangan und Zink, mit d größten Leichtigkeit durch sein Verhalten vor dem Löthrohr entdecken. Eise erkennt man in der kleinsten Quantität durch die mittelst Cyaneisenkalium entst hende blaue Färbung und Fällung.

b) Die mit Weinsteinsäure versetzte Auflösung enthält nun noch Thonerd Titansäure, Chromsäure, Beryllerde ꝛc. Man muß zunächst die Weinsäure dur Eindampfen und Glühen vertreiben. Der Rückstand wird mit Chlorwasserstof säure behandelt und die Auflösung durch Ammoniak gefällt, dieser Niederschl dann mit kaustischem Kali digerirt, welches die Thonerde und Beryllert auflöst, der Rückstand in Schwefelsäure aufgelöst und durch Zusatz von schwefelsau rem Kali Ceroxyd, Zirconerde, Thorerde, Titansäure gefällt, während die Ytte erde in der Lösung zurückbleibt.

c) Da die Weinsteinsäure durch Eindampfen der Flüssigkeit und Glühen d Rückstandes mancherlei Umstände erfordert, so pflegt man gewöhnlich den Zus derselben zu vermeiden und den ganzen mittelst Ammoniak und Schwefelwasserstof Ammoniak hervorgebrachten Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure wieder aufz lösen, wobei die Titansäure und Tantalsäure gewöhnlich ungelöst zurü bleiben. Die saure Auflösung wird mit Ammoniak versetzt, wodurch alle Oxy die nach der Formel R^2O^3 zusammengesetzt sind, niederfallen, während Kobaltoxy Mangan, Nickel und Zink in der Lösung zurückbleiben; wird nun der entstande Niederschlag mit einer kaustischen Kalilösung gekocht, so nimmt diese aus demselb die Thonerde und Beryllerde auf, und von dem Rückstande lösen sich, na dem man das Kali durch Auswaschen entfernt hat, mittelst des kohlensauren Am moniaks Ceroxyd, Uranoxyd, Ytererde und Zirconerde auf, wä rend das Chromoxyd und Eisenoxyd allein ungelöst zurückbleiben.

4) In der durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak gefällten Flüssigkeit könn endlich noch die alkalischen Erden: Kalk, Baryt, Strontian und Talkerde und Alkalien: Natron, Kali und Lithion enthalten sein, von deren Gegenwart od Abwesenheit man sich leicht durch folgende Versuche überzeugen kann. Man se zunächst zu der Flüssigkeit einen Ueberschuß von Chlorwasserstoffsäure und erwär so lange, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoff vollständig verschwunden ist; g wöhnlich hat sein zertheilter Schwefel sich ausgeschieden, den man abfiltrirt. M kann nun die Flüssigkeit mit Ammoniak nahe sättigen und sodann durch kohle saures Ammoniak die Kalkerde, Barytерde und Strontianerde fällen. Den Niede

schlag löst man in Chlorwasserstoffsäure wieder auf, fügt verdünnte Schwefelsäure in einem kleinen Ueberschuß hinzu, filtrirt, sättigt mit Ammoniak und erkennt durch den mit Oxalsäure oder einem oxalsauren Salze bewirkten Niederschlag die Gegenwart der Kalkerde. Zu einem andern Theile der chlorwasserstoffsauren Auflösung des ersten Niederschlages wird Kieselfluorwasserstoffsäure gesetzt, welche bei Gegenwart von Barytерde nach einiger Zeit einen Niederschlag hervorbringt; dieser wird abfiltrirt und die Lösung mit einer Auflösung von schwefelsaurem Kali versetzt, wodurch die Gegenwart von Strontianerde oder Kalkerde angedeutet wird, wenn eine Fällung entsteht. Auch kann man die chlorwasserstoffsaure Lösung mit einer Auflösung von schwefelsaurer Kalkerde prüfen; entsteht sogleich ein Niederschlag, so ist auf die wahrscheinliche Gegenwart von Barytерde zu schließen, entsteht er erst nach längerer Zeit, auf die der Strontianerde.

5) Sind in der Flüssigkeit, welche von dem mit kohlensaurem Ammoniak entstandenen Niederschlage abfiltrirt wurde, noch feuerbeständige Substanzen vorhanden, welches man beim Abdampfen einiger Tropfen auf Platinblech erfährt, so können diese nur Talkerde oder Kali, Natron und Lithion sein. Setzt man zu einem Theile der Flüssigkeit phosphorsaures Natron und entsteht dadurch nach einiger Zeit ein weißer Niederschlag, so ist Talkerde in der Auflösung vorhanden. Zur Auffindung der Alkalien nimmt man einen andern Theil der Flüssigkeit und dampft diese, wenn an Säuren nur Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure vorhanden sind und namentlich keine Schwefelsäure sich vorfindet, zur Trockne ein, glüht den Rückstand, befeuchtet ihn wieder, legt ein Stückchen kohlensaures Ammoniak darauf und glüht abermals, wodurch, nach mehrmaliger Wiederholung dieser Operation, das Chlormagnesium zersetzt wird und bei Behandlung mit Wasser von diesem nur Chloralkalien aufgenommen werden. Diese Auflösung wird nun nach Hinzufügung von Alkohol mit Platinchlorid versetzt; entsteht nach einiger Zeit ein Niederschlag, so ist dies ein Beweis von der Gegenwart des Kali's; noch sicherer verfährt man, wenn man die mit Platinchloridlösung vermischte Flüssigkeit behutsam im Wasserbade abdampft und den Rückstand mit Alkohol behandelt. Entsteht durch Platinchlorid kein Niederschlag, so muß Natron in der Flüssigkeit zugegen sein; um dieses, wenn es mit dem Kali zusammen vorkommt, zu entdecken, braucht man nur eine kleine Menge des geglühten Rückstandes vor dem Löthrohr zu prüfen, indem die Flamme, selbst bei Gegenwart einer überwiegenden Menge von Kali, durch das Natron stark und gefärbt erscheint. Ist jedoch in der Flüssigkeit, die auf Alkalien geprüft werden soll, Schwefelsäure enthalten, so muß man zur Auffindung derselben ein etwas umständlicheres Verfahren anwenden, welches weiter unten bei der Beschreibung der quantitativen Analyse des Feldspaths mitgetheilt werden soll.

B) Auffindung der Säuren. Hinsichtlich der Erkennung und Bestimmung der Kieselsäure verweisen wir auf das schon oben Gesagte; die Methoden zur Auffindung der Metallsäuren, namentlich der Säuren des Arseniks, Antimons, der Selensäure, Titansäure, Chromsäure, Mangansäure, sind gleichfalls schon mitgetheilt worden, da der zur Entdeckung der Basen einzuschlagende Gang der Analyse zugleich die Gegenwart oder Abwesenheit dieser Säuren nachweist. Wird eine feste Substanz von Chlorwasserstoffsäure mit Brausen aufgelöst oder entsteht ein solches, wenn man die Säure zu einer concentrirten Auflösung gesetzt, so deutet dies auf die Gegenwart von Kohlensäure oder von Schwefel; der letztere giebt sich leicht durch den Geruch des entweichenden Schwe-

felwasserstoffgases oder durch sein Verhalten gegen eine Blei- oder Kupferlö zu erkennen. Um sich von der Gegenwart anderer Säuren zu überzeugen, neut lisirt man die Auflösung mit Ammoniak und setzt dann eine Chlorbariumlösu hinzu; hierdurch werden gefällt: die Schwefelsäure, Phosphorsäure, Borsäure u auch die Kohlensäure, wenn diese noch vorhanden ist. Durch dasselbe Reag werden auch die oben genannten Metallsäuren niedergeschlagen, jedoch wird deren Vorhandensein hier, wie erwähnt, keine Rücksicht genommen. Löst sich Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure wieder vollständig auf, ist dies ein Beweis, daß keine Schwefelsäure vorhanden ist, weil der schwe saure Baryt in Säuren unlöslich ist. Die Gegenwart der Borsäure erke man an der grünlichen Flamme des Alkohols, wenn man zu der Verbindung Sch felsäure und Alkohol setzt und diesen anzündet. Die Phosphorsäure k man auf die Weise entdecken, daß man einen Theil des feuchten Barytniederschla mit Kalium in Berührung bringt, indem dann die Gegenwart jener Säure d die Entwicklung von Phosphorwasserstoffgas sich zu erkennen giebt. Hat man von der Abwesenheit der Borsäure und der Arsenikſäure überzeugt, so wird Phosphorsäure auch dadurch nachgewiesen, daß Chlorbarium oder Chlorkal einen Niederschlag erzeugt, der bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure oder Salpe säure verschwindet und bei der Sättigung mit Ammoniak wieder zum Vorsc kommt. Auch läßt sich die Phosphorsäure in ihren neutralen alkalischen Ver dungen durch den gelben Niederschlag erkennen, den sie mit salpetersaurem Sil dxyd erzeugen, wenn sie nicht eben vor ihrer Auflösung geglüht worden wa Wie die Phosphorsäure vor dem Löthrohr zu erkennen ist, findet man in dem treffenden Artikel beschrieben. Durch die Auflösung des Chlorbariums oder salpetersauren Barytерde werden nur die Chlorwasserstoffsäure und Salpetersäure nicht gefällt; die erstere dieser Säuren entdeckt man mit L tigkeit durch den käsigen, in verdünnter Salpetersäure unlöslichen, aber in Am niak löslichen Niederschlag, welchen salpetersaures Silberoxyd in der Auflösung diese Säure enthaltenden Substanz hervorbringt. Die Gegenwart der Salpet säure bemerkt man, wenn die Verbindung im festen Zustande auf glühende K len geworfen ein lebhaftes Verpuffen erzeugt; ferner erkennt man dieselbe d ihr Verhalten gegen Indigolösung, welche nach Zusatz von etwas Schwefel beim Kochen durch die Salpetersäure entfärbt wird. Die Chlorsäure entw in ihren Verbindungen in der Hitze Sauerstoffgas und es bleibt ein einf Chlormetall zurück, in welchem das Chlor durch die Silberlösung mit Leichti nachgewiesen werden kann.

III. Beispiele von quantitativen Analysen.

1) Analyse des Feldspaths. a) Aufschließen durch Zusammenschm zen mit kohlensaurem Natron; Auflösen in Chlorwasserstoffsäure; Ab pfen der Lösung bis zur Trockenheit; Abscheidung der Kieselsäure (s. ob Die Flüssigkeit wird nun mit kaustischem Ammoniak versetzt, wodurch Thonerde etwas Eisenoxyd gefällt werden, welche mittelst einer Kalilösung wieder get werden können; die Thonerde wird aus ihrer Auflösung in kaustischem mittelst Salmiak gefällt, abfiltrirt, ausgewaschen, nochmals in Chlorwasserstoff gelöst und mit Ammoniak wiederum niedergeschlagen. Das von der Kalil zurückgelassene Eisenoxyd wird ebenfalls in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst

mit Ammoniak wieder gefällt; ist dasselbe etwa mit etwas Manganoxyd gemengt und soll auch dieses quantitativ bestimmt werden, so muß man die chlorwasserstoffsaure Auflösung beider Oxyde mit Ammoniak genau neutralisiren, bis eine Fällung zu entstehen anfängt, und dann eine Auflösung von bernsteinsaurem Ammoniak hinzusetzen, wodurch das Eisenoxyd in Verbindung mit der Bernsteinsäure gefällt wird und das Manganoxyd in der Auflösung bleibt, aus welcher man es durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak als Schwefelmetall erhält, das beim Glühen in Manganoxyduloxyd sich verwandelt und als solches dem Gewichte nach bestimmt wird. Ist in dem zu untersuchenden Mineral auch Kalkerde vorhanden, wie es bei einigen Feldspathen der Fall ist, so muß man die erste Auflösung nach dem Zusatz des Ammoniaks so schnell als möglich filtriren und den Zutritt der Luft sorgfältig abhalten, indem sonst Kohlensäure aus der Luft durch die ammoniakalische Flüssigkeit angezogen wird und die gleichzeitige Fällung des kohlensauren Kalkes die Menge der Thonerde vermehren würde; hat man jedoch diese Vorsichtsmaßregeln beobachtet, so setzt man zu der abfiltrirten Flüssigkeit Oxalsäure oder ein oxalsaures Salz, wodurch die Kalkerde vollständig gefällt wird; der Niederschlag wird geglüht und entweder als kohlensaure oder als schwefelsaure Kalkerde auf die Waagschale gebracht. Enthält die Mineralsubstanz auch Talkerde, so muß diese aus der von der Kalkerde abfiltrirten Lösung bestimmt werden, indem die Talkerde in Gegenwart einer hinreichenden Menge von Chlorwasserstoff-Ammoniak durch Ammoniak und Oxalsäure aus einer Auflösung nicht gefällt wird. Man setzt deshalb zu der ammoniakalischen Auflösung phosphorsaures Natron, wodurch man nach einiger Zeit einen krystallinischen weißen Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde erhält, der in einer Auflösung von phosphorsauren Salzen nicht unlöslich ist, jedoch von reinem Wasser nach und nach wieder aufgelöst wird, weshalb man mit dem Auswaschen nicht zu lange fortfahren darf, indem dadurch ein Verlust entstehen würde, der durch eine in der durchgelaufenen Flüssigkeit eintretende Trübung schon angedeutet wird.

b) Aufschließen des gepulverten und geschlämmten Minerals mit kohlensaurer Baryterde. Auflösung in Chlorwasserstoffsäure, Abdampfen bis zur Trockenheit, Befeuchten mit Chlorwasserstoffsäure, Behandlung mit Wasser, Abfiltriren und Auswaschen der Kieselerde. Die Flüssigkeit wird zur Abscheidung der Baryterde mit einem kleinen Ueberschuß von verdünnter Schwefelsäure versetzt; die Fällung geschieht am besten, nachdem man die Flüssigkeit fast bis zum Kochen erhitzt hat, indem nur dann die gebildete schwefelsaure Baryterde sich leicht und schnell ausscheidet. Die abfiltrirte Lösung wird dann zur Abscheidung der Thonerde, des Eisenoxyds und der Kalkerde ebenso wie oben behandelt, so daß die Flüssigkeit zuletzt nur noch Talkerde, Kali und Natron und außerdem noch Chlorwasserstoffsaures und etwas schwefelsaures Ammoniak enthält; die Ammoniaksalze müssen nun zunächst durch Eindampfen der Flüssigkeit und Glühen des Rückstandes in einer kleinen Platinschale vollständig ausgetrieben werden; man muß dabei mit vieler Vorsicht verfahren, weil das schwefelsaure Ammoniak vor der Verflüchtigung schmilzt und durch Spritzen leicht einen Verlust an feuerbeständigem Rückstand hervorbringt. Den Rückstand der schwefelsauren Salze kann man zur Controle ihrem Gewichte nach bestimmen; er wird dann in Wasser aufgelöst und der Flüssigkeit eine Auflösung von essigsaurer Baryterde hinzugesetzt; man erhitzt das Ganze und filtrirt die schwefelsaure Baryterde ab, deren Gewicht man ebenfalls

felwasserstoffgases oder durch sein Verhalten gegen eine Blei- oder Kupferlösu
zu erkennen. Um sich von der Gegenwart anderer Säuren zu überzeugen, neutr
lisirt man die Auflösung mit Ammoniak und setzt dann eine Chlorbariumlösu
hinzu; hierdurch werden gefällt: die Schwefelsäure, Phosphorsäure, Borsäure u
auch die Kohlensäure, wenn diese noch vorhanden ist. Durch dasselbe Reage
werden auch die oben genannten Metallsäuren niedergeschlagen, jedoch wird
deren Vorhandensein hier, wie erwähnt, keine Rücksicht genommen. Löst sich
Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure wieder vollständig auf,
ist dies ein Beweis, daß keine Schwefelsäure vorhanden ist, weil der schwe
saure Baryt in Säuren unlöslich ist. Die Gegenwart der Borsäure erke
man an der grünlichen Flamme des Alkohols, wenn man zu der Verbindung Sch
felsäure und Alkohol setzt und diesen anzündet. Die Phosphorsäure k
man auf die Weise entdecken, daß man einen Theil des feuchten Barytniederschla
mit Kalium in Berührung bringt, indem dann die Gegenwart jener Säure du
die Entwicklung von Phosphorwasserstoffgas sich zu erkennen giebt. Hat man
von der Abwesenheit der Borsäure und der Arsenikſäure überzeugt, so wird
Phosphorsäure auch dadurch nachgewiesen, daß Chlorbarium oder Chlorkali
einen Niederschlag erzeugt, der bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure oder Salpe
säure verschwindet und bei der Sättigung mit Ammoniak wieder zum Vorsch
kommt. Auch läßt sich die Phosphorsäure in ihren neutralen alkalischen Verb
dungen durch den gelben Niederschlag erkennen, den sie mit salpetersaurem Silb
oxyd erzeugen, wenn sie nicht eben vor ihrer Auflösung geglüht worden wa
Wie die Phosphorsäure vor dem Löthrohr zu erkennen ist, findet man in dem
treffenden Artikel beschrieben. Durch die Auflösung des Chlorbariums oder
salpetersauren Baryterde werden nur die Chlorwasserstoffsäure und
Salpetersäure nicht gefällt; die erstere dieser Säuren entdeckt man mit Le
tigkeit durch den kästigen, in verdünnter Salpetersäure unlöslichen, aber in Am
niak löslichen Niederschlag, welchen salpetersaures Silberoxyd in der Auflösung
diese Säure enthaltenden Substanz hervorbringt. Die Gegenwart der Salpet
säure bemerkt man, wenn die Verbindung im festen Zustande auf glühende K
len geworfen ein lebhaftes Verpuffen erzeugt; ferner erkennt man dieselbe d
ihr Verhalten gegen Indigolösung, welche nach Zusatz von etwas Schwefels
beim Kochen durch die Salpetersäure entfärbt wird. Die Chlorsäure entwi
in ihren Verbindungen in der Hitze Sauerstoffgas und es bleibt ein einfa
Chlormetall zurück, in welchem das Chlor durch die Silberlösung mit Leichtig
nachgewiesen werden kann.

III. Beispiele von quantitativen Analysen.

1) Analyse des Feldspaths. a) Aufschließen durch Zusammenschm
zen mit kohlensaurem Natron; Auflösen in Chlorwasserstoffsäure; Abd
sen der Lösung bis zur Trockenheit; Abscheidung der Kieselsäure (s. ob
Die Flüssigkeit wird nun mit kaustischem Ammoniak versetzt, wodurch Thonerde
etwas Eisenoxyd gefällt werden, welche mittelst einer Kalilösung wieder get
werden können; die Thonerde wird aus ihrer Auflösung in kaustischem
mittelst Salmiak gefällt, abfiltrirt, ausgewaschen, nochmals in Chlorwasserstoff
gelöst und mit Ammoniak wiederum niedergeschlagen. Das von der Kalil
zurückgelassene Eisenoxyd wird ebenfalls in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst

mit Ammoniak wieder gefällt; ist dasselbe etwa mit etwas Manganoxyd gemengt und soll auch dieses quantitativ bestimmt werden, so muß man die chlorwasserstoffsaure Auflösung beider Oxyde mit Ammoniak genau neutralisiren, bis eine Fällung zu entstehen anfängt, und dann eine Auflösung von bernsteinsaurem Ammoniak hinzusetzen, wodurch das Eisenoxyd in Verbindung mit der Bernsteinsäure gefällt wird und das Manganoxyd in der Auflösung bleibt, aus welcher man es durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak als Schwefelmetall erhält, das beim Glühen in Manganoxyduloxyd sich verwandelt und als solches dem Gewichte nach bestimmt wird. Ist in dem zu untersuchenden Mineral auch Kalkerde vorhanden, wie es bei einigen Feldspathen der Fall ist, so muß man die erste Auflösung nach dem Zusatz des Ammoniaks so schnell als möglich filtriren und den Zutritt der Luft sorgfältig abhalten, indem sonst Kohlensäure aus der Luft durch die ammoniakalische Flüssigkeit angezogen wird und die gleichzeitige Fällung des kohlensauren Kalkes die Menge der Thonerde vermehren würde; hat man jedoch diese Vorsichtsmaßregeln beobachtet, so setzt man zu der abfiltrirten Flüssigkeit Oxalsäure oder ein oxalsaures Salz, wodurch die Kalkerde vollständig gefällt wird; der Niederschlag wird geglüht und entweder als kohlensaure oder als schwefelsaure Kalkerde auf die Wasschale gebracht. Enthält die Mineralsubstanz auch Talkerde, so muß diese aus der von der Kalkerde abfiltrirten Lösung bestimmt werden, indem die Talkerde in Gegenwart einer hinreichenden Menge von Chlorwasserstoff-Ammoniak durch Ammoniak und Oxalsäure aus einer Auflösung nicht gefällt wird. Man setzt deshalb in der ammoniakalischen Auflösung phosphorsaures Natron, wodurch man nach einiger Zeit einen krystallinischen weißen Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde erhält, der in einer Auflösung von phosphorsauren Salzen beinahe unlöslich ist, jedoch von reinem Wasser nach und nach wieder aufgelöst wird, weshalb man mit dem Auswaschen nicht zu lange fortfahren darf, indem dadurch ein Verlust entstehen würde, der durch eine in der durchgelaufenen Flüssigkeit eintretende Trübung schon angedeutet wird.

b) Aufschließen des gepulverten und geschlämmten Minerals mit kohlensaurer Baryterde. Auflösung in Chlorwasserstoffsäure, Abdampfen bis zur Trockenheit, Befeuchten mit Chlorwasserstoffsäure, Behandlung mit Wasser, Abfiltriren und Auswaschen der Kieselerde. Die Flüssigkeit wird zur Abscheidung der Baryterde mit einem kleinen Ueberschuß von verdünnter Schwefelsäure versetzt; die Fällung geschieht am besten, nachdem man die Flüssigkeit fast bis zum Kochen erhitzt hat, indem nur dann die gebildete schwefelsaure Baryterde sich leicht und schnell ausscheidet. Die abfiltrirte Lösung wird dann zur Abscheidung der Thonerde, des Eisenoxyds und der Kalkerde ebenso wie oben behandelt, so daß der Flüssigkeit zuletzt nur noch Talkerde, Kali und Natron und außerdem noch chlorwasserstoffsaures und etwas schwefelsaures Ammoniak enthält; die Ammoniaksalze müssen nun zunächst durch Eindampfen der Flüssigkeit und Glühen des Rückstandes in einer kleinen Platinschale vollständig ausgetrieben werden; man muß hierbei mit vieler Vorsicht verfahren, weil das schwefelsaure Ammoniak vor der Verflüchtigung schmilzt und durch Spritzen leicht einen Verlust an feuerbeständigem Rückstand hervorbringt. Den Rückstand der schwefelsauren Salze kann man zur Controle ihrem Gewichte nach bestimmen; er wird dann in Wasser aufgelöst und zu der Flüssigkeit eine Auflösung von essigsaurer Baryterde hinzugesetzt; man erhitzt das Ganze und filtrirt die schwefelsaure Baryterde ab, deren Gewicht man ebenfalls

bestimmen kann. Die Flüssigkeit wird dann wieder eingedampft und der Rückstand in einer Platinschale geglüht, wodurch die essigsauren Salze in kohlensaure verwandelt werden, von denen Wasser nur die kohlensauren Alkalien aufnimmt und die kohlensaure Baryterde und Talkerde zurückläßt. Das Aussüßen mit heißem Wasser darf nicht zu lange fortgesetzt werden, weil sonst eine größere oder kleinere Menge der kohlensauren Verbindungen der alkalischen Erden ebenfalls aufgelöst wird. Die Auflösung wird mit etwas Chlorwasserstoffsäure versetzt, eingedampft und die zurückbleibenden Chloralkalien dem Gewichte nach bestimmt; die Menge des Kali's findet man nach der oben mitgetheilten Methode durch Platinchlorid und das Natron wird dann aus dem Verluste bestimmt oder direct durch Wägung des Rückstandes, nachdem man das überschüssige Platinchlorid durch Reducirung desselben zu Platin ausgeschieden hat.

Wird das Mineral zur Bestimmung der Alkalien durch Fluorwasserstoffsäure statt mit kohlensaurem Baryt aufgeschlossen, so wird hierdurch der Gang der analytischen Methode nicht im Mindesten geändert. In beiden Fällen namentlich bei der Behandlung mit kohlensaurem Baryt, kann man jedoch, wenn man nur auf die Alkalien seine Aufmerksamkeit richtet, die Flüssigkeit gleichzeitig mit kohlensaurem Ammoniak und Schwefelwasserstoff-Ammoniak versetzen, wodurch man Kalk, Baryt, Eisen, Mangan und Thonerde niederschlägt, während die Spuren von Kalk und Baryt, welche noch in der Auflösung bleiben, mittelst oxalsauren Ammoniaks vollständig ausgeschieden werden; fällt man nun noch die Talkerde mit einer Lösung von Schwefelbarium, scheidet den Baryt durch Zusatz von Schwefelsäure aus, dampft die Flüssigkeit ein und glüht den Rückstand, so besteht dieser aus neutralem schwefelsaurem Alkali.

2) Gemeines Fahlerz. Bestandtheile desselben sind Schwefel, Kupfer, Antimon, nebst einer geringen Menge Arsenik, Silber, Eisen und Zink. Eine bestimmte Quantität des möglichst fein pulverisirten Minerals wird mit starker rauchender Salpetersäure in einem Kolben digerirt, bis Alles oxydirt ist, dann, um das Antimonoxyd vollständig aufzulösen, Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt und das auf diese Weise ausgeschiedene Chlorsilber abfiltrirt und gewogen; die saure Flüssigkeit kann man nun mit Schwefelwasserstoffgas behandeln, durch welches das Kupfer, Antimon und Arsenik in Verbindung mit Schwefel gefällt werden. Die beiden letztern Schwefelmetalle lassen sich durch Digeriren des Niederschlages mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak von dem Schwefelkupfer abscheiden, welches in rauchender Salpetersäure aufgelöst und aus der Auflösung, nach der Verdünnung mit Wasser, durch kaustisches Kali wiederum gefällt wird; es schlägt sich zuerst eine Verbindung von Kupferoxydhydrat mit Kali nieder, die jedoch durch Kochen in der Flüssigkeit Wasser und Kali wieder verliert, als reines schwarzes Kupferoxyd niederfällt und als solches abfiltrirt, ausgewaschen und gewogen werden kann. Ist in dem Erze auch Blei enthalten oder, was häufig der Fall ist, solches durch Verunreinigung des Fahlerzes mit Bleiglanz vorhanden, so bleibt das Schwefelblei bei dem Schwefelkupfer nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak zurück und kann aus der Auflösung jenes Rückstandes in Salpetersäure nach Zusatz von Schwefelsäure, Eindampfen der Flüssigkeit bis zur Trockenheit, Erhitzen des Rückstandes, bis die überschüssige Schwefelsäure verjagt ist, und Behandlung und Auswaschen mit Wasser als schwefelsaures Bleioxyd von dem Kupferoxyd abgeschieden und seiner Menge nach bestimmt werden. — Die Auflösung des An

timons und Arseniks in Schwefelwasserstoff-Ammoniak wird mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, bis die ganze Menge des Schwefelarseniks und Schwefelantimons gefällt worden ist. Die Trennung dieser beiden Metalle ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Doch kann man mit Vortheil die folgende Methode anwenden: Man bestimmt die Gesammtmenge des Schwefelantimons und Schwefelarseniks, löst eine gewogene Quantität in Königswasser auf, filtrirt, wenn hierbei etwas Schwefel sich ausgeschieden hat, diesen ab und bestimmt dessen Gewicht; die klare Lösung wird mit Weinsteinsäure versetzt, welches das Milchigwerden bei Verdünnung mit Wasser verhindert, darauf eine Chlorbariumlösung hinzugefügt und das Ganze erwärmt, damit der schwefelsaure Baryt sich besser ausscheiden kann, welcher gesammelt und gewogen wird; man erfährt also auf diese Weise die Menge des in dem Schwefelantimon und Schwefelarsenik enthaltenen Schwefels. Es wird nun ferner ein anderer Theil des Gemenges beider Schwefelmetalle in eine Glaskugel gebracht, an welche an beiden Seiten Glasröhren angeschmolzen sind, gewogen und, indem man einen Strom von reinem Wasserstoffgas hindurchleitet, die Glaskugel nach und nach bis zum Glühen erhitzt, wodurch zuerst der Schwefel vollständig entfernt und sodann bei stärkerer Hitze auch das reducirte Arsenik verflüchtigt wird, während das Antimon, wenn die Hitze nicht gar zu stark gewesen ist, für sich allein in der Glaskugel zurückbleibt und dem Gewichte nach bestimmt werden kann. Da man also auf diese Art den Antimongehalt erfährt und durch den ersten Versuch die Menge des Schwefels gefunden hat, so muß der Verlust die Quantität des in jenem Gemenge enthaltenen Arseniks geben.

Die saure Flüssigkeit, welche zuerst von den durch Schwefelwasserstoff gefällten Schwefelmetallen abfiltrirt wurde, enthält nun noch Eisen und oft auch etwas Zink. Man sättigt die Flüssigkeit mit Ammoniak, fällt beide Metalle durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak, sammelt den Niederschlag auf einem Filtrum und löst ihn in Chlorwasserstoffsäure wieder auf. Da die Menge des Eisens sowohl als des Zinks in den Fahlerzen gewöhnlich gering ist, so kann man in diesem Falle aus der sauren Lösung das Eisenoxyd mit Ammoniak fällen, indem das Zinkoxyd in der ammoniakalischen Flüssigkeit gelöst bleibt. Sind jedoch die Mengen beider Oxyde ziemlich bedeutend, so giebt die angeführte Methode kein genaues Resultat: man muß dann das Eisenoxyd durch bernsteinsaures Ammoniak fällen, die abfiltrirte Flüssigkeit bis zur Zerstörung der ammoniakalischen Salze mit kohlensaurem Natron oder Kali versetzen, rasch bis zur Trockenheit eindampfen und den Rückstand mit heißem Wasser behandeln, wobei das kohlensaure Zinkoxyd ungelöst zurückbleibt. Ein anderes sehr wohl anwendbares Mittel zur quantitativen Scheidung beider Oxyde bietet die kohlensaure Baryterde dar, welche in der Kälte nach und nach das Eisenoxyd vollständig fällt, während das Zinkoxyd gelöst bleibt. Endlich kann man ebenfalls diese Oxyde trennen, wenn man zu der chlorwasserstoffsauren Lösung derselben Essigsäure zusetzt und das Zink dann durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelzink niederschlägt. Jedoch sind bei der letzteren Methode noch einige Vorsichtsmaßregeln anzuwenden, die indeß hier unerwähnt bleiben können.

IV. Die organische Elementaranalyse.

hat den Zweck, die Beschaffenheit und Menge der Elemente zu bestimmen, welche in den organischen, in der Natur fertig gebildeten Körpern oder in deren durch Kunst hervorgebrachten Zersetzungs- und Umwandlungsproducten enthalten sind, sowie auch die Anzahl

der Atome jedes Grundstoffes kennen zu lehren, welche zur Bildung einer bestimmten der Untersuchung unterworfenen Verbindung zusammengetreten sind. Die fast in jed organischen Substanz enthaltenen Elemente sind: Kohlenstoff, Wasserstof und Sauerstoff; häufig tritt zu diesen noch Stickstoff hinzu, seltener Phos phor und Schwefel; in den künstlich erzeugten Verbindungen außerdem no Chlor, Brom, Jod und andere Stoffe. Die zuletzt genannten Elemente, w Phosphor, Schwefel ꝛc. werden nach Zerstörung der organischen Substanz und na Behandlung mit oxydirenden Mitteln gewöhnlich nach denselben Methoden, wie b Untersuchungen anorganischer Körper bestimmt, und nur die Ausmittelung der einer Verbindung enthaltenen Quantität an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickst erfordert eine eigenthümliche Operation, die man mit dem Namen einer Eleme taranalyse bezeichnet und deren Grundprincipien im Folgenden kurz mitgethe werden sollen.

Die organische Substanz wird nach dem sorgfältigen Trocknen mit eine Körper innig gemengt, der mit Leichtigkeit in einen vollkommen trocknen Zusta gebracht werden kann und zugleich die Fähigkeit besitzt, beim Glühen Sauerstoff die organische Substanz abzugeben, welche dadurch vollkommen oxydirt und in Ko lensäure und reines Wasser verwandelt wird, während der Stickstoff, wenn derse in der untersuchten Verbindung enthalten war, im freien gasförmigen Zustan entweicht und zur quantitativen Bestimmung für sich aufgefangen werden ma Als oxydirende Substanz wendet man in der Regel reines, entweder durch Z setzung des salpetersauren Kupferoxyds oder durch schnelles Ablöschen von glühe dem Kupferblech erhaltenes, gut pulverisirtes und geschlämmtes Kupferoxyd a nur bei sehr kohlenstoffhaltigen Körpern und bei solchen, die Schwefel, Brom od Chlor enthalten, nimmt man statt des Kupferoxyds chromsaures Bleiox oder ein Gemenge von Kupferoxyd und Bleioxyd (weil namentlich bei d Chlorverbindungen das gebildete Kupferchlorür, welches in hoher Temperatur flü tig ist, das Gewicht des Wassers in der Chlorcalciumröhre vermehren und so ungenaues Resultat bewirken würde); bei der Analyse arsenikhaltiger Substan hat Bunsen sich des Nickeloxyds bedient. Das auf die angeführte We gebildete Wasser wird von geschmolzenem Chlorcalcium aufgenommen, während m die Kohlensäure durch eine concentrirte Lösung von kaustischem Kali absorbirt wi den läßt, und aus der gefundenen Quantität beider berechnet man mit Leichtigk die Menge des in der analysirten Substanz enthaltenen Wasserstoffs und Kohl stoffs. Beträgt die Menge dieser beiden Elemente zusammen genommen so vi als die ganze zur Analyse verwandte Quantität, oder fehlen an der letztern n 0,5 bis 1 Proc., so kann man gewöhnlich überzeugt sein, daß der untersuchte Ki per frei von Sauerstoff ist; die Quantität des letztern wird immer aus dem V luste bestimmt, indem man, wenn auch Stickstoff vorhanden war, zur Auffindu der Quantität desselben einen besondern Versuch anstellen muß.

Zur Prüfung einer organischen Substanz auf die in ihr enthaltene Quanti an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bedient man sich des f genden Apparates. Es wird eine reichlich zwei Fuß lange und etwa 0,4 Zoll Durchmesser haltende Röhre von gutem schwer schmelzbarem Glase genommen, di von allem Staube und aller Feuchtigkeit vollständig gereinigt, dieselbe mit fri ausgeglühtem, noch heißem Kupferoxyd etwa bis zur Hälfte gefüllt, nachdem m an das Vorderende der Röhre einen Pfropfen von zusammengewickelten Kupferdre

ſpähnen gebracht hat; ſodann wird, wenn das Kupferoxyd unter Abhaltung der Feuchtigkeit der Luft hinlänglich erkaltet iſt, die auf einen beſtimmten Grad der Trockenheit gebrachte organiſche Subſtanz, wenn ſie feſt iſt, im pulverförmigen Zuſtande in die Röhre auf das Kupferoxyd geſchüttet und mit dieſem möglichſt innig gemengt, ſo daß jedoch die organiſche Subſtanz nicht bis in das vordere Viertel der Verbrennungsröhre gelangt; iſt der zu unterſuchende Körper flüſſig, ſo wird eine beſtimmte Quantität deſſelben in einer kleinen, ſogenannten Mitſcherlich'ſchen, Glasröhre abgewogen, die Röhre hineingeſchoben, ſo daß ſie auf dem Kupferoxyd zu liegen kommt, und die dünne Glasröhre nachher nach der Zuſammenſetzung des ganzen Apparates durch gelindes Erhitzen der Verbrennungsröhre geſprengt, wodurch die Flüſſigkeit auf das Kupferoxyd fließt und in demſelben ſich vertheilt. Nachdem man die zu analyſirende organiſche Subſtanz zu dem Kupferoxyd in die Röhre hineingebracht hat, ſchüttet man noch in den hintern Theil derſelben eine gewiſſe Quantität von reinem Kupferoxyd, ſo daß hinten noch ein leerer Raum von etwa 2 bis 3 Zoll bleibt. Vorn wird die Röhre mittelſt eines nach innen zu mit Talg überzogenen Korkes luftdicht mit einer Chlorcalciumröhre verbunden, an welcher nach der Verbrennungsröhre hin zuerſt eine kleine Glaskugel angeblaſen iſt, wo das ſich bildende Waſſer ſich größtentheils ſchon condenſirt und hinſichtlich ſeiner Richtigkeit geprüft werden kann. Vorn wird die Chlorcalciumröhre durch eine Kautſchukröhre mit dem ſogenannten Liebig'ſchen Kaliapparate verbunden, welcher aus fünf Glaskugeln beſteht, die in der Form eines Dreiecks mittelſt der ſie verbindenden kleinen Glasröhren zuſammengebogen und zur Abſorption der ſich entwickelnden Kohlenſäure mit kauſtiſcher Kalilöſung zum Theil gefüllt worden ſind; durch Wägen beider Apparate vor und nach dem Verſuche erhält man die Menge der Kohlenſäure und des Waſſers und daraus die des Kohlenſtoffs und Waſſerſtoffs. Endlich pflegt man noch vorn an den Kaliapparat eine kleine, mit geſchmolzenem und zu grobem Pulver zerſtoßenem Kali angefüllte Glasröhre anzufügen, die bei einer guten Führung der Verbrennung höchſtens nur 3 bis 5 Milligramme an Gewicht zunehmen darf. Den beſchriebenen Apparat ſetzt man an ſeinem hintern Ende mit zwei Gaſometern in Verbindung, von denen der eine atmoſphäriſche Luft, der andere Sauerſtoffgas enthält, aus denen man durch Hähne nach Belieben entweder die eine oder die andere Luft durch den Apparat leiten kann. Das Erhitzungsmaterial beſteht aus glühenden Kohlen, zu welchem Zwecke man die Verbrennungsröhre, die man mit zwei eng an dieſelbe anſchließenden eiſernen Rinnen umgeben kann, in den ſogenannten Liebig'ſchen Verbrennungsofen legt, einen eiſernen Kaſten, der unten mit einem Roſte verſehen iſt und den man, um ihm Halt zu geben, auf einen Unterſatz von Backſteinen ſtellt, während man, je nachdem es erforderlich iſt, die glühenden Kohlen mit einem Fächer oder auf andere Weiſe anfacht und die Hitze auf dieſe Weiſe zu vermehren im Stande iſt. Dieſe Art der Verbrennung findet beſonders bei ſchwer verbrennenden Subſtanzen und namentlich bei Stickſtoffbeſtimmungen Anwendung. In den meiſten Fällen kann man auch Spiritus als Brennmaterial benutzen und man bedient ſich dann der zuerſt von Heß beſchriebenen und bei Elementaranalyſen benutzten Lampe, die aus einer mit dem Spiritusbehälter in Verbindung ſtehenden Rinne aus Meſſing beſteht, in welche man die einzelnen Dochte allmälig hineinſtellt und auf dieſe Weiſe die Verbrennung bequem und mit großer Reinlichkeit leiten und mit Erzielung eines genauen Reſultates zur Ausführung bringen kann.

Bei der Ausführung einer organiſchen Elementaranalyſe, nachdem man di gewogene Subſtanz (c. 0,400 bis 0,600 Gr.) in die Verbrennungsröhre gebrach die Chlorcalciumröhre, den Kaliapparat und die Kaliröhre genau gewogen und di einzelnen Theile des Apparates auf die angeführte Weiſe mit einander in Verbir dung geſetzt hat, läßt man zuerſt aus dem einen Gaſometer etwas atmoſphäriſch Luft in den Apparat hinein, durch welche die Kalilauge in dem Kaliapparat na vorn zu in die Höhe und in die größere Kugel deſſelben hinein getrieben wird wenn alle Theile luftdicht an einander anſchließen, ſo wird die Kalilauge ſo ſtehe bleiben und ſelbſt nach längerer Zeit nicht wieder ins Niveau zurücktreten. I dieſes jedoch der Fall, ſo muß man die Verbindungen der einzelnen Theile unte ſuchen und den Apparat vor dem Beginn der Verbrennung erſt abſolut luftdic machen. Iſt dieſes geſchehen, ſo erhitzt man zuerſt den vordern Theil der Verbre nungsröhre, ſoweit das Kupferoxyd oder chromſaure Bleioxyd noch von der zu an lyſirenden Subſtanz frei iſt, bis zur Rothglühhitze, und daſſelbe geſchieht, namentli bei Anwendung der Heß'ſchen Lampe, mit dem hintern Theile der Röhre; man ge dann nach und nach zu der Verbrennung der organiſchen Subſtanz ſelbſt über, i dem man mittelſt des Stromes der atmoſphäriſchen Luft die ſich entwickelnden Ga und Dämpfe nach vorn in die Chlorcalciumröhre und in den Kaliapparat hinei treibt. Bei ſchwer verbrennlichen und ſehr kohlenſtoffreichen Subſtanzen bedie man ſich während der ganzen Dauer der Verbrennung eines Stromes von Sauer ſtoffgas, welchen man auch bei andern Analyſen wenigſtens gegen Ende der Oper tion anwendet. Enthält der zu unterſuchende Körper eine nicht unbeträchtlic Menge Stickſtoff, ſo muß man in das vordere Ende der Verbrennungsröhre me reines metalliſches Kupfer in der Form von in ſchmale Streifen zerſchnittene Blech hineinbringen, indem dieſes die Entweichung des möglicher Weiſe ſich bilde den Stickſtoffoxyds als ſolches oder als ſalpetrige Säure verhindert, da das gl hende metalliſche Kupfer den in demſelben enthaltenen Sauerſtoff abſorbirt u nur den reinen Stickſtoff ſich entwickeln läßt. Nach Beendigung der Analy wenn nämlich von der Kalilauge keine der hineintretenden Luftblaſen mehr a ſorbirt wird, entfernt man das Brennmaterial und läßt bis zum völligen Erka ten des Apparates atmoſphäriſche Luft durch denſelben hindurchgehen, worauf ma endlich die Gewichtszunahme der Chlorcalciumröhre, des Kaliapparates und d Kaliröhre auf einer genauen Wage beſtimmt.

Um die Menge des in einem organiſchen Körper enthaltenen Stickſtoff zu erfahren, muß man einen beſondern Verſuch anſtellen, und man wendet hierb namentlich zwei verſchiedene Methoden an, von denen die eine die Quantität d Stickſtoffs direct dem Volumen nach zu erkennen giebt, die andere dieſelbe aus de gefundenen und gewogenen Platinſalmiak berechnen läßt. Man bringt in d hintere zugeſchmolzene Ende einer Verbrennungsröhre eine 3 bis 4 Zoll lan Schicht von doppelt kohlenſaurem Natron oder kohlenſaurem Bleioxyd, dann ei c. $1^1/_2$ Zoll lange Schicht von reinem Kupferoxyd, darauf ein Gemenge der Sub ſtanz (0,300 bis 0,600 Gr.) mit Kupferoxyd, ſodann eine Schicht reines Kupfe oxyd und dann eine 4 bis 5 Zoll lange Lage von Kupferdrehſpähnen, und verbind die Oeffnung der Röhre mit einem Gasleitungsrohr; zuerſt erhitzt man das hin terſte Ende der Verbrennungsröhre, um durch die aus einem Theile des doppel kohlenſauren Natrons oder kohlenſauren Bleioxyds ſich entwickelnde Kohlenſäur die atmoſphäriſche Luft vollſtändig aus dem Apparate auszutreiben. Sodann ſet

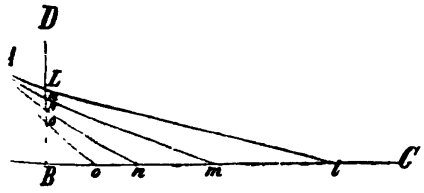
man die Gasleitungsröhre mit einem mit Queckſilber gefüllten graduirten Glascylinder in Verbindung, der wenigſtens 200 Cubikcentimeter Inhalt hat und in welchen man etwa bis $^1/_3$ ſeines Inhalts ſtarke Kalilauge gebracht hat, und ſchreitet mit der Verbrennung nach und nach vorwärts. Iſt dieſe beendigt, ſo treibt man mittelſt der wiederum durch Erhitzen des doppelt kohlenſauren Natrons oder kohlenſauren Bleioxyds ſich entwickelnden Kohlenſäure das noch im Apparate befindliche Gas vollſtändig in den Glascylinder hinein, in welchem man nun, wenn von dem Gaſe durch Schütteln mit der Kalilauge nichts mehr abſorbirt wird, und nachdem derſelbe in Waſſer getaucht und dieſes innerhalb und außerhalb des Cylinders ins Niveau gebracht iſt, unter Berückſichtigung des Barometer- und Thermometerſtandes das Volumen des Stickſtoffs findet und aus dieſem das Gewicht deſſelben berechnet.

Die von Will und Varrentrapp in Vorſchlag gebrachte und jetzt faſt allgemein angewandte Methode der Stickſtoffbeſtimmung beruht auf dem Princip, daß beim Glühen eines ſtickſtoffhaltigen Körpers mit einem Alkalihydrat das Hydratwaſſer des letztern zerlegt wird, indem deſſen Sauerſtoff mit dem Kohlenſtoff der organiſchen Subſtanz zu Kohlenſäure und der Waſſerſtoff mit dem Stickſtoff derſelben zu Ammoniak ſich verbindet. Man mengt zu dieſem Behufe die zu prüfende Subſtanz mit Natronkalk, bringt das Gemenge in eine Verbrennungsröhre und nimmt die Verbrennung, wegen der anzuwendenden größeren Hitze, in dem Liebig'ſchen Ofen vor; das ſich bildende und verflüchtigende Ammoniak läßt man von Salzſäure abſorbiren, ſetzt nach Beendigung der Operation zu der Flüſſigkeit Platinchlorid, dampft bis zur Trockne im Waſſerbade ein und behandelt den Rückſtand mit Alkohol und Aether, wodurch der Platinſalmiak ungelöſt zurückbleibt und dann geſammelt und dem Gewichte nach beſtimmt werden kann.

Zur Erforſchung der Anzahl der Atome, welche in eine organiſche Subſtanz eingehen, iſt es nöthig, die Verbindungen derſelben mit andern Körpern von bekanntem Atomgewichte einer Analyſe zu unterwerfen oder die durch beſondere Agentien hervorgebrachten Zerſetzungsproducte derſelben näher zu ſtudiren, auf welche Einzelheiten hier näher einzugehen nicht der Ort iſt. Bei flüchtigen organiſchen Körpern bietet die Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes ihres Dampfes (ſ. d. Art.) ein bequemes Mittel dar, die chemiſche Conſtitution derſelben aufzuklären.

E. W.

Anamorphoſe (v. d. griech. ἀναμόρφωσις, Umbildung) iſt die Umgeſtaltung, welche für das betrachtende Auge Bilder erhalten, wenn ſie unter beſonderen Bedingungen geſehen werden. Solche Anamorphoſen ſind entweder optiſche oder katoptriſche oder dioptriſche. Die optiſchen Anamorphoſen werden hervorgebracht durch den Standpunkt, von welchem aus Bilder geſehen werden. Geſetzt, das Auge des Beobachters ſtehe in A und in B D ſei vor demſelben ein Bild aufgeſtellt; zieht man nun von A durch alle Punkte des Bildes B D gerade Linien und verlängert dieſelben, bis ſie B C ſchneiden, ſo wird dem Auge in A ein Bild, welches in der Art verzeichnet wäre, daß der Punkt L in l, M in m, N in n, O in o fiele, ebenſo erſcheinen, wie



das gerade vor ihm aufgestellte, richtig gezeichnete Bild BD ihm erſchienen i
Man pflegt auch Bilder (Inſchriften u. dgl.) in Streifen zu ſchneiden und di
auf mehrere neben einander ſtehende dreiſeitige Prismen aufzukleben; dann ſi
man von der einen Seite kommend das eine, von der anderen Seite das and
Bild. Die katoptriſchen Anamorphoſen werden durch Cylinde
ſpiegel, Kegelſpiegel oder Pyramidenſpiegel hervorgebracht. E
gerade vor einem Cylinderſpiegel ſtehender Gegenſtand wird in der Richtung, wel
mit der Axe des Cylinders zuſammenfällt, ſo wie im ebenen Spiegel, dagegen
der darauf ſenkrechten Richtung verkleinert wie im Kugelſpiegel erſcheinen. Da
giebt ein vor dem Cylinderſpiegel liegendes, in richtigen Verhältniſſen gezeichne
Bild ein ganz verzerrtes Spiegelbild, und will man im Cylinderſpiegel ein rich
gezeichnetes Bild erhalten, ſo muß man vor denſelben ein nach beſtimmten Reg
verzerrt gezeichnetes Bild legen. Ganz ebenſo verhält es ſich mit Kegelſpiegeln u
Pyramidenſpiegeln, nur daß für jeden dieſer Spiegel die Regeln, nach denen
Verzerrungen in der Zeichnung gemacht werden müſſen, andere ſind. Ein Inſt
ment zu Anfertigung derartiger Zeichnungen iſt von Leopold erfunden word
Von der Conſtruction ſolcher Bilder hat Simon Stevin zuerſt geſchrie
Die dioptriſchen Anamorphoſen ſind die, welche durch ein vieled
geſchliffenes Glas geſehen werden. Durch ein ſolches Glas erblickt man t
von einander liegende Theile einer Tafel zuſammengerückt. Die Theile einer Ze
nung müſſen alſo auf der Tafel zerſtreut werden, damit dieſelben durch das G
in der gehörigen Zuſammenſetzung erſcheinen*). Im Art. Cylinderſpie
wird ein einfaches Verfahren zur Herſtellung katoptriſcher Anemorphoſen an
geben werden.

Anemobarometer, ſ. Anemoſkop.

Anemochord (v. d. griech. ἄνεμος, das Wehen, und χορδή, Saite) nann
Schnell und Tſchenki ein von ihnen erfundenes Inſtrument, welches den Z
hatte, durch die Einwirkung eines Luftſtromes auf Saiten nach Willkür muſikali
Töne zu erzeugen. Sie legten dieſes Inſtrument 1790 der Pariſer Akademie
und Hauy erſtattete Bericht über daſſelbe. Die Erfinder wünſchten die ſan
Töne der Aeolsharfe mit größerer Stärke und unter mehr muſikaliſchen Bedin
gen hervorzubringen. Um das unvollkommene Inſtrument, welches nur Acc
von harmoniſchen Tönen giebt, in ein muſikaliſches Inſtrument zu verwandeln,
teten ſie mittelſt eines Rohres einen Strom comprimirter Luft durch einen B
balg auf eine Anzahl von Saiten, die zu vieren gruppirt und in Uniſono geſti
waren. Mit Hülfe von Klaviertaſten wurden Klappen eröffnet, welche die
durch entſprechende Röhren auf die einzelnen Saitengruppen ausſtrömen lie
Solcher Röhren gab es zwei für jede Gruppe, und ſie hatten eine ſolche Richt
daß die Luft zugleich von beiden Seiten ſchief auf ſie traf; aus dieſen Combina
men von Röhren und Saiten waren mehrere Octaven gebildet. Die Erfahr
lehrte die Erfinder bald, daß gewiſſe Töne nur äußerſt langſam anſprachen.
dieſem Uebelſtande abzuhelfen, kamen ſie darauf, die Saiten vor dem Ausſtrö

*) Vgl. Vaulezard, perspective conique et cylindrique. 1630. — Schott, n
universalis. Herbip. 1657. — Wolf, Dioptr. Probl. 25; Langsdorf, Grundlehren
Photometrie. Erlang. 1803. S. 93. — Leupold, Anamorphosis mechanica. Lips. 1
— Leutmann, Anamorphoseos polyedricae constructionis methodus etc. Comm. A
Petr. IV. p. 202. — Leutmann, Anmerkung vom Glasſchleifen.

der Luft durch eine Urſache in Schwingungen zu verſetzen, damit der gewünſchte Ton raſcher zum Vorſchein käme. Sie fügten daher einen endloſen Violinbogen hinzu, gebildet aus einem in ſich zurücklaufenden und über zwei fortwährend gedrehte Rollen hinweggehenden Bande. Allein immer blieb das Inſtrument nur zur Ausführung langſamer Muſikſtücke, wie Adagio's und Cantabile's, anwendbar. Die Taſten der Claviatur des vervollkommneten Anemochords hatten einen doppelten Dienſt zu verrichten. Sie mußten wie zuvor die Klappen der Luft öffnen, und überdies mittelſt einer Hebelverbindung das während des ganzen Spiels fortwährend herumgedrehte Band heben und gegen die Saiten drücken, in demſelben Augenblicke, wo dieſe dem Luftſtrom ausgeſetzt wurden. Die Urheber des Anemochords hatten wohl begriffen, daß ihr Band, indem es die Stelle eines Violinbogens vertrat, die durch daſſelbe erſchütterte Saite verlaſſen mußte, um dieſe unter bloßer Einwirkung der Luft frei ſchwingen zu laſſen. Auch beſtand ihr Mechanismus, um das Band mit den Saiten in Berührung zu bringen, aus einem Echappement, wie das der Hämmer unſerer neuern Piano's, welche nach dem Anſchlagen an die Saite zurückſpringen.

Eine Verwandtſchaft mit dem eben beſchriebenen Inſtrument hat ein anderes Inſtrument, welches der Mechaniker Iſoard 1841 der Akademie vorlegte. Um die gewöhnliche Schwingung der Saite eines Piano's in den kräftigen Ton eines Blasinſtruments zu verwandeln, genügt es Iſoard, unter den Saiten einen kleinen beweglichen Kaſten anzubringen, getheilt in ſo viele Zellen als er Saiten ſpannen laſſen will; jede Zelle communicirt mittelſt einer Klappe mit einer gemeinſchaftlichen Windlade. Die Luft, comprimirt durch einen doppelten Blaſebalg, wird in einem beſonderen Behälter angehäuft und tritt, wenn eine Taſte der Claviatur eine Klappe öffnet, in die entſprechende Zelle. Das Ausſtrömen der ſo hineingelaſſenen Luft, um die Schwingung der Saite zu unterhalten und zu vergrößern, geſchieht durch eine Längenſpalte, in welche die Saite nach Belieben eingefügt werden kann. Wir ſagen abſichtlich, daß die von der Luft getroffene Saite zu ſchwingen fortfährt, denn Iſoard, wie ſeine Vorgänger von 1790, hatten mit der Langſamkeit des Anſprechens gewiſſer Saiten zu kämpfen; wie ſie, wußte er dieſes Hinderniß zu beſiegen, allein durch ein ganz anderes Mittel. Er wählte den weit einfacheren Mechanismus eines an die Saite ſchlagenden Hammers, ſtatt des ſehr complicirten aber ſehr complicirten Bogens, der die Saite durch Reiben in Erſchütterung verſetzte. Wenn man den beweglichen Kaſten ſenkt, giebt die Saite (unter dem Anſchlagen des Hammers) nur den Ton des Pianoforte's, da ſie außerhalb der Zelle, in der die Luft auf ſie wirkt, angeſchlagen wird. Es kann alſo mittelſt eines bloßen Pedals, das die Windlade nach Belieben hebt oder ſenkt, die Natur des Tones plötzlich umgewandelt werden*).

Anemograph, ſ. Anemoſkop.

Anemometer, ſ. Anemoſkop.

Anemometrograph, ſ. Anemoſkop.

Anemoſkop, Anemometer, Anemograph. Das Anemoſkop (v. griech. ἄνεμος, Wind, und σκοπεῖν, beobachten; Windfahne, Wetterfahne; franz. anémoscope; engl. vane) iſt ein Inſtrument, deſſen man ſich bedient, um die Richtung des Windes zu beobachten. Daſſelbe beſteht im Allgemei-

*) Compt. rend. T. XIII. p. 969. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 147.

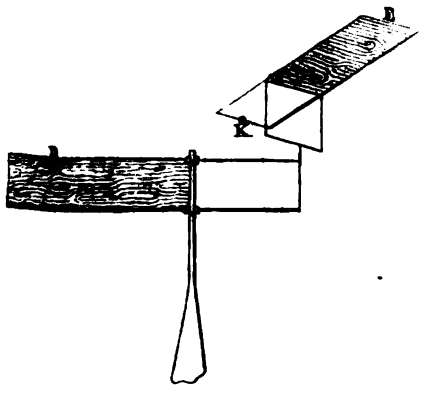
nen in einer verticalen Ebene, welche um eine senkrecht stehende Axe sich umdrel
Der Wind stellt dieselbe in die Richtung, nach welcher er hinweht. Man setzt sol
Windfahnen auf die Dächer der Häuser und auf die Spitzen der Thürme. I
Allgemeinen werden sie die herrschende Windrichtung desto sicherer angeben, je frei
sie stehen, d. h. je weniger emporragende Gegenstände in der Nähe vorhanden si
welche die Richtung des Windes local verändern. Es ist eine bekannte Thatsac
daß z. B. durch die Richtung der Straßen in einer Stadt die Winde auf das m
nigfaltigste in ihrer Richtung bestimmt werden, daher denn die niedriger gelege
Wetterfahnen höchst unbestimmte und unter einander im Widerspruch stehende A
gaben liefern. Aber auch bei völlig frei stehenden Wetterfahnen wird man die Be
achtung machen, daß sie selbst bei einem sehr heftigen Winde nicht übereinstimm
und unverrückt nach einer Himmelsgegend zeigen, sondern immer schwanken sie hin u
her und man kann in den verschiedenen Stellungen nur eine mittlere Stellung u
terscheiden, von der sie bald mehr, bald weniger rechts oder links abweichen. P
rot und Engelhardt*) bedienten sich, um die erwähnten Schwankungen m
der bedeutend zu machen, einer eigenen Vorrichtung. Dieselbe bestand in z
Ebenen, die in einem Winkel von 45° gegen einander geneigt und in dieser L
befestigt wurden. Die gerade Linie, in welcher beide Ebenen sich schnitten, wurde
die verticale Drehungsaxe befestigt, und eine den Winkel von 45° halbirende (z.
durch einen Stab markirte) Linie gab nun die Richtung des Windes an. Um
Stellung der Wetterfahne mit den Himmelsgegenden zu vergleichen, bringt m
häufig unter der Wetterfahne ein Kreuz an, dessen Arme nach den vier Hauptb
melsgegenden zeigen, oder eine sternförmige Windrose, welche die Hauptrichtun
und die dazwischen liegenden Nebengegenden angiebt. Auch hat man Vorkehr
gen getroffen, daß man die Richtung des Windes im Zimmer beobachten k
Am einfachsten ist es in dieser Beziehung, die Spille, an welcher die Wetterfa
sich befindet, fest mit der Fahne zu verbinden und dieselbe in Lagern mit mögl
geringer Reibung um ihre Längenaxe drehbar zu machen, das untere Ende de
ben dann durch die Decke in das Zimmer zu führen, in welchem man beoba
will, und hier einen auf der Spille senkrecht stehenden Zeiger zu befestigen. D
dreht sich dann im Zimmer ebenso wie die Windfahne im Freien, und ist um je
Drehungspunkt eine Windrose verzeichnet, so kann man auf das Bequemste
wechselnden Richtungen des Windes beobachten, und zwar zeigt der Zeiger
Richtungen, aus welchen der Wind kommt (nach welchen die Winde benannt
den), nicht wie die Fahne die Richtungen, nach welchen hin der Wind weht, w
er so gestellt ist, daß die Windfahne oben und der Zeiger unten mit der Spille
Gestalt eines ⅃ bilden. Wenn die Schwankungen der Windfahne stetiger
mit nicht zu großen Ausbeugungen erfolgen sollen, so kann man mit der Spi
der Windfahne durch Rad und Getriebe eine parallele Welle verbinden, welche
einem Flügel in einem Wasser- oder Quecksilbergefäße steht**).

Die Gestalt, welche man der Wetterfahne giebt, ist ganz beliebig, nur
stets dafür gesorgt sein, daß dem Winde eine breite Fläche dargeboten wird.
größeren Windfahnen muß man der leichteren Beweglichkeit und der größeren

*) Reise in den Kaukasus. Th. 2. S. 20.
**) Hülsse, Allgem. Maschinen-Encyklopädie. Bd. 1. S. 247.

barkeit wegen dafür sorgen, daß die Drehungsaxe der Fahne durch den Schwerpunkt derselben geht. Man bringt daher auf der der eigentlichen Stoßebene, gegen welche der Wind wirkt, entgegengesetzten Seite ein Gegengewicht an, welches ebenso schwer wie jene Stoßebene, dabei aber von bedeutend kleinerer Oberfläche ist, z. B. eine Kugel. Früher war es sehr gebräuchlich, den Windfahnen die Gestalt eines Hahns zu geben (daher oft Wetterhahn für Windfahne gesagt wird); der breite Schweif des blechernen Hahnes ist dann die Stoßebene, der Kopf und Hals (massiv gearbeitet) das Gegengewicht, so daß der Schwerpunkt in die Mitte des Leibes fällt, durch welche die Drehungsaxe geht.

Da die Richtung des Windes selten genau horizontal ist, die gewöhnlichen Windfahnen aber nur die horizontale Richtung des Windes angeben, so hat man auch Vorrichtungen hergestellt, durch welche die Richtung des Windes vollkommen bestimmt wird. Eine solche ist die im Folgenden zu erwähnende Schmidt'sche Vorrichtung, sowie der von Benzenberg erfundene Apparat*). Dieser besteht aus einer Verbindung von zwei Fahnen, wie sie aus der Zeichnung leicht erkennbar ist. D ist eine gewöhnliche, verhältnißmäßig große Windfahne, welche Benzenberg die Declinationsfahne nennt (weil sie die Winkel markirt, welche der Wind mit dem Meridian des Ortes macht); E ist eine senkrecht gegen die Ebene jener gestellte Windfahne, welche der Erfinder die Inclinationsfahne nennt (weil sie die Winkel markirt, welche der Wind mit dem Horizont des Ortes macht). Die Kugel K balancirt das Gewicht der Fahne E und die ganze Fahne E mit den sie tragenden Stäben das Gewicht der Fahne D. Diese Vorrichtung wäre ganz gut, wenn sie nur nicht so leicht von der Gewalt des Windes verbogen und zerbrochen würde. Ich füge noch eine Bemerkung Benzenberg's bei, welche bei allen Beobachtungen von Windfahnen aus der Ferne Beachtung verdient. Er sagt: der Stand der Fahnen auf einem Thurme läßt sich am besten durch ein Fernrohr mit dem Fadennetze beobachten. Wenn man die Entfernung der Thurmspitze vom Auge des Beobachters nebst der Größe der Fahnen und der des Fadennetzes kennt, kann sich hieraus sehr leicht für jeden Stand der Fahnen eine Tabelle berechnen, aus welcher man die scheinbare Neigung der Fahnen im Fernrohre unmittelbar in die wahre verwandeln kann.



Man kann die Richtung des Windes auch nach der Richtung bestimmen, in welcher leichte Körper oder der Rauch der Schornsteine fortgetrieben werden. Benetzt man einen Finger und setzt ihn der Luft aus, so empfindet man an der Seite des Fingers, welche dem Winde zugewendet ist, zuerst ein Kältegefühl. Diese von den Jägern angewendete Methode, um die Witterung des Wildes zu beurthei-

*) Gilb., Ann. Bd. VIII. S. 240. Gehler, N. A. Bd. X. S. 2151.

len, ist sehr zuverlässig und man nimmt durch dieselbe schon den schwachen Luftzug wahr, der eine Windfahne nicht zu richten vermag. Um die Richtung des Windes in höheren Regionen der Atmosphäre zu bestimmen, beobachtet man den Zug der Wolken. Man wird sich dabei mit Vortheil eines Spiegels bedienen, auf welchem mit einem Diamant Striche gezogen sind. In diesem Spiegel beobachtet man den Wolkenzug, indem man die Striche auf den Spiegel in parallele Lage mit der beobachteten Richtung des Wolkenzuges bringt. Dann vergleicht man den Winkel, welchen einer dieser Striche mit der Nadel einer an der Seite des Spiegels angebrachten Bussole macht, und erhält so die Winkelrichtung, nach welcher die Wolken und also auch der dieselben forttreibende Luftstrom sich bewegen. Wir theilen im Folgenden die genauere Beschreibung eines solchen von Aimé*) erfundenen Reflexions-Anemometers (richtiger Anemoskops) mit.

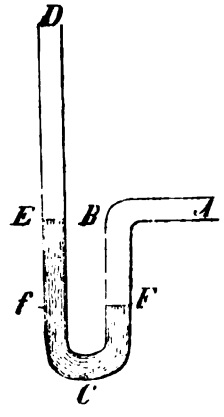
Dasselbe besteht aus einem Spiegel und einer Bussole, die zusammen auf einem Bretchen befestigt sind. Die Bussole ist von 2 zu 2 Graden in 360° getheilt, und der Nullpunkt der Theilung entspricht einem auf die Bussole eingeschnittenen Theil der den Buchstaben N. (Nord) trägt. Durch Parallelstriche, die in Berührung mit der Folie auf der Rückseite des Glases mit dem Diamant gezogen sind, ist der Spiegel in mehrere Streifen getheilt. Einige dieser Linien sind mit dem Pfeil der Bussole parallel, die anderen winkelrecht darauf. Um das Instrument zur Messung der Wolkenrichtung anzuwenden, setzt man zunächst die Magnetnadel in Freiheit, indem man eine kleine Feder niederdrückt. Dann stellt man das Instrument an einem Ort, wo man einen großen Theil des Himmels übersehen kann, horizontal auf. Man beobachtet die Bewegung der Wolken im Spiegel, indem man letztern so dreht, daß die Wolken in der Richtung der mit dem Pfeile parallelen Striche gehen. Ueberdies muß das Bretchen so gestellt werden, daß die Wolken auf die Spitze des Pfeiles zugehen, d. h. diese Spitze gegen die auf das Zenith zugehenden Wolken gerichtet sei. Hat man sich überzeugt, daß die Wolken den auf dem Spiegel gezogenen Strichen genau parallel gehen, so liest man den entsprechenden Theilpunkt am Nord-Ende der Nadel ab. Man erhält dadurch den Winkel der Windrichtung mit dem magnetischen Meridian und, wenn man die magnetische Abweichung kennt, auch denjenigen, welchen sie mit dem astronomischen Meridian macht. Um die Bewegung der Wolken gegen die Striche auf dem Spiegel gehörig zu ermitteln, muß das Auge des Beobachters eine feste Lage haben. Zu diesem Ende ist der Apparat mit kleinen zugespitzten Kupferständern versehen, die nach Belieben verkürzt oder verlängert werden können. Einer dieser Ständer wird neben dem Spiegel aufgestellt und sein Bild im Spiegel beobachtet, indem man sich so stellt, daß das Bild der Spitze einem Durchschnitte der auf dem Spiegel gezogenen Linien entspricht. Man betrachtet abwechselnd die Wolke und das Bild der Spitze. Gehen die Wolke den Linien nicht parallel, so dreht man den Spiegel ein wenig in zweckmäßiger Richtung und giebt dem Ständer eine neue Stellung, welche ebenfalls das Bild seiner Spitze mit dem Durchschnitte zweier Linien auf dem Spiegel zusammenfallen läßt. Um sich mit dem Gebrauch dieses Instruments vertraut zu machen, muß man damit anfangen, wenn wohl begrenzte, vereinzelte und sich schnell bewegende Wolken am Himmel sichtbar sind. Die Messungen sind um so genauer, je mehr man sich solcher Wolken bedient, die dem Zenith nahe sind. In gewissen Fäl-

*) Pogg. Ann. Bd. LXX. S. 578.

kann das beſchriebene Anemometer zur Beſtimmung der Höhe oder Geſchwindigkeit der Wolken dienen. Angenommen, der zugeſpitzte Ständer ſei neben den Spiegel geſetzt, und man habe ſich ſo geſtellt, daß man das Bild ſeiner Spitze und das einer kleinen Wolke ſich decken ſieht. Rückt die Wolke fort, ſo muß man ſich anders ſtellen, damit die beiden Bilder ſich wieder decken. Der von beiden Bildern auf dem Spiegel zurückgelegte Weg (c) wird ſich zu dem in Wirklichkeit von der Wolke durchlaufenen Weg (C) verhalten wie die Höhe der Spitze über dem Spiegel (h) zur Höhe der Wolke über dem Beobachter (H), oder es wird ſein c : C = h : H. Der von der Wolke durchlaufene Weg, dividirt durch die Zeit (t), giebt die Geſchwindigkeit. Haben die Striche auf dem Glaſe einen bekannten Abſtand, ſo wird es leicht ſein, mittelſt einer Secundenuhr die Zeit zu beſtimmen, welche die einander deckenden Bilder brauchen, um von einer Linie zur andern zu gehen. Das erſte Glied c, dividirt durch t, iſt alſo leicht berechnet, h iſt im voraus bekannt, es bleiben alſo bloß C und H unbekannt. Kennt man die Höhe der Wolken, ſo ergiebt ſich daraus ihre Geſchwindigkeit; kennt man die Geſchwindigkeit, ſo geht daraus die Höhe hervor. An Orten, wo Berge von bekannter Höhe vorhanden ſind, berechnet ſich die Höhe der Wolken, wenn man unterſucht, an welchem Orte ſie die Berge treffen, und daraus ergiebt ſich ihre Geſchwindigkeit. Befindet man ſich an einem Orte, der eine große Ebene beherrſcht, ſo wird es möglich ſein, die Geſchwindigkeit der Wolken aus dem Gange ihrer Schatten herzuleiten. In dieſem Falle wird auch ihre Höhe bekannt ſein. Um mit Bequemlichkeit zu verfahren, muß man eine Specialkarte der Gegend zur Hand haben. Man trägt mit Bleiſtift den Ort des Schattens ein und zeichnet die Zeit auf, man verfolgt den Schatten eine Zeit lang und wiederholt das Verfahren; dadurch kann man den von der Wolke durchlaufenen Weg genau kennen.

Die Geſchwindigkeit des Windes findet man direct, wenn man beobachtet, mit welcher Geſchwindigkeit derſelbe leichte Körper, die man ihm überläßt, z. B. Flaumfedern, Stückchen Papier und dergleichen, mit ſich fortführt. Da aber ſolche Beobachtungen nie eine beſondere Schärfe zulaſſen, ſo hat man andere Inſtrumente erſonnen, welche nächſt der Richtung auch die Geſchwindigkeit oder die von derſelben und von der Dichtigkeit der bewegten Luft abhängige Gewalt des Windes beobachten laſſen, und dieſelben Anemometer (v. d. griech. ἄνεμος Wind und μέτρον Maß; Windmeſſer; franz. anémomètre, engl. anemometer, wind-gage, wind-gauge) genannt. Indem ich im Folgenden die Beſchreibungen derartiger Inſtrumente zuſammenſtelle, gruppire ich dieſelben nach den Principien, von denen man bei Conſtruction derſelben ausgegangen iſt. Da wir im Allgemeinen gewohnt ſind, den Druck der Luft nach der Höhe einer Flüſſigkeitsſäule zu beſtimmen, welcher derſelbe das Gleichgewicht hält (das Princip des Barometers), ſo gehe ich von denjenigen Inſtrumenten aus, bei welchen der Druck, welchen der Wind gegen eine ihm entgegenſtehende Fläche ausübt, berechnet wird aus der Hebung einer Flüſſigkeitsſäule durch denſelben. Ich werde dann von denjenigen Anemometern ſprechen, an welchen der Druck gegen eine Fläche direct beobachtet wird, ſowie von denen, bei welchen man den Winkel beobachtet, um welchen ein Pendel aus ſeiner verticalen Stellung durch die Gewalt des Windes herausgedrängt wird, und endlich von denen, bei welchen man die Gewalt mißt, mit welcher eine Radvorrichtung durch den Wind gedreht wird, oder die Geſchwindigkeit, mit welcher Flügel (Windmühlenflügel) von dem Winde in eine drehende

Bewegung verſetzt werden. Zuletzt werde ich noch einiger auf eigenthümliche andern Principien beruhender Anemometer gedenken. — Hales*) machte zuer darauf aufmerkſam, daß man die Geſchwindigkeit einer Luftſtrömung dadurch me ſen könne, daß man die Oeffnung eines mit Waſſer gefüllten Hebers der Luf ſtrömung entgegenhalte, in welchem Falle dann das Waſſer in dem einen Schenk herabgedrückt, in dem andern gehoben werden müſſe, im Verhältniſſe der Kra mit welcher das Waſſer durch den Luftſtrom geſtoßen werde. Hiernach h Lind**) folgendes auch Anemobarometer genanntes Anemometer angegebe Eine an beiden Enden offene Glasröhre wird ſo gebogen, wie es A B C D angieb

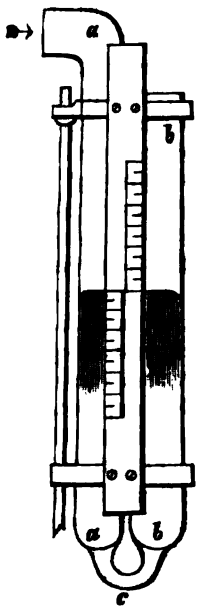


der Arm A B ſteht genau ſenkrecht gegen C D; dieſe Röhr welche einen innern Durchmeſſer von ungefähr einem ho ben Zoll haben muß, enthält Waſſer oder eine ande leichte Flüſſigkeit, welche in beiden Schenkeln gleich ho ſteht, ſobald keine andere Kraft auf dieſelbe einwir Der Apparat wird nun ſo aufgeſtellt, daß die Röhre C genau vertical ſteht und die Verticalebene, in welch die Röhren ſich befinden, mit der Richtung des Wind zuſammenfällt, was am leichteſten dadurch erreicht wir daß man den Apparat in der Ebene der Windfahne be ſtigt, und zwar dergeſtalt, daß die Oeffnung A der Ar um welche ſich die Fahne dreht, zunächſt liegt. D ankommende Strom wirkt nun auf die in der Röhre A enthaltene Luft, preßt dieſelbe zuſammen und drü dadurch das Waſſer in dieſer Röhre bis F herab, wä rend es in der Röhre C D bis E ſteigt. Aus dem Höhe unterſchiede des Waſſers in beiden Schenkeln, E f, wird dann die Geſchwindigk des Windes hergeleitet. Da jedoch dieſe ſelten mehre Minuten hindurch conſta iſt, ſo iſt die Waſſerſäule vielen Schwankungen unterworfen, wodurch die M ſung ſehr erſchwert wird. Um die hieraus entſtehende Unſicherheit der Beobachtun etwas zu vermindern, iſt es am zweckmäßigſten, die Röhre unten bei C zu ve engern. Robiſon glaubt, daß, wenn die Röhre einen Durchmeſſer von eine halben Zoll hat, es genüge, der Röhre bei C einen Durchmeſſer von $^1/_{50}$ Zoll zu gebe Ein demgemäß***) eingerichtetes Inſtrument mit ſeinen nothwendigen Nebentheil ſtellt die nachſtehende Figur dar. Die beiden Glasröhren a a, b b ſind 8 bis 9 Zoll la und 0,4 Zoll weit. Sie ſtehen am unteren Ende durch ein Knierohr c von ein $^1/_{50}$ Zoll Weite mit einander in Verbindung und bilden ſo ein communicirend Gefäß. Die eine Röhre a iſt oben rechtwinkelig umgebogen, die andere b obe halb mit einem Schutze verſehen, um den Zutritt von Regen zu verhüten; zw ſchen beiden befindet ſich verſtellbar eine Scala, auf welcher von einem in der Mit befindlichen Nullpunkte aus nach oben und unten für das Rohr b und a eine Ei theilung aufgetragen iſt. Beide Röhren ſind übrigens in ein Geſtell gefaßt u

*) Descript. of Ventilators 1743. p. 12. Gehler N. A. Bd. X. S. 2177.

**) Robiſon, Mechanical philosophy T. III. p. 707. Philos. Transact. 177 p. 353. Kämtz, Lehrb. der Meteorologie. Bd. I. S. 154. Cf. Mathem. Dictions T. I. p. 116.

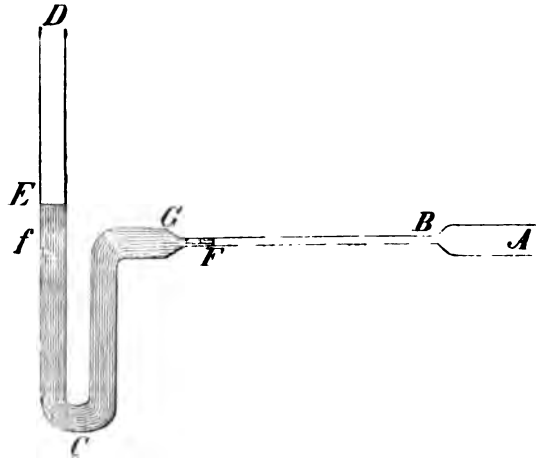
***) Philos. Transact. 1775. p. 353. Rees Encycl. Art. Wind-gage Vol. XXXVII Vergl. Maſchinen-Enc. Bd. I. S. 228.



an einen hier nur angedeuteten Stab drehbar befestigt. Wird nun der Stab, welcher mit der Axe der Röhren parallel liegen muß, senkrecht gestellt, in das communicirende Gefäß Wasser, oder eine andere Flüssigkeit gegossen und der Nullpunkt der Scale auf das Niveau der Flüssigkeit in beiden Schenkeln eingestellt, so wird, wenn die Oeffnung a dem Winde gerade entgegengekehrt wird, die verdichtete Luft innerhalb des Schenkels a einen Druck auf die Flüssigkeit in a ausüben und dieselbe in b so lange zum Steigen bringen, bis der Druck der gehobenen Wassersäule gleich dem von dem Winde ausgeübten Drucke ist. Die Höhe dieser Wassersäule wird durch Summirung der auf beiden Eintheilungen abgelesenen Werthe erhalten, um den Einfluß einer nicht vollkommen gleichen Weite zu vernichten. Sind beide Schenkel ziemlich gleich weit, so wird sich auch der Einfluß der Capillarität compensiren. Wenn beide Schenkel gleich weit sind, so hat dieses auch noch den bei den Schwankungen der Säule bedeutenden Vortheil, daß man bloß den Stand des einen Niveau's zu beobachten braucht, da man weiß, daß die Flüssigkeit in dem einen Schenkel um genau eben so viel steigt, als sie in dem andern sinkt. Man kann das Instrument in der Art treffen, daß es auch ohne fortgesetzte Beobachtung das Maximum der Gewalt des Windes angiebt. Zu diesem Zwecke braucht man nur so viel Flüssigkeit in dasselbe zu gießen, daß dieselbe im ruhigen Zustande bis an die obere Mündung von b steht. Trifft dann der Wind gegen a und sinkt in der Röhre a a die Flüssigkeit, so wird sie bei b überlaufen. Der Verlust an Flüssigkeit läßt sich hernach leicht bestimmen und man kann aus ihm leicht den tiefsten Stand der Flüssigkeit in a a und somit die größte Gewalt des Windes während der Zeit, in welcher das Instrument in Thätigkeit war, berechnen. Aber freilich ist hierbei derjenige Verlust an Flüssigkeit nicht veranschlagt, welcher nach Maßgabe der Temperatur des Windes durch Verdunstung entstanden ist. Bezeichnet d den Durchmesser der Röhre a in preußischen Zollen, h die Höhe der bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit v gehobenen Flüssigkeitssäule, ebenfalls in preuß. Zollen, und g das specifische Gewicht der in den Röhren befindlichen Flüssigkeit, so ist der auf die Flüssigkeit in a ausgeübte Druck $p = \frac{v^2 d^2 \pi}{400} (0{,}001259 + 0{,}000023865\ d\sqrt{\pi})$, und wenn das Gewicht der gehobenen Flüssigkeitssäule ebenfalls $= p$ gesetzt wird, die Geschwindigkeit: $v = 55{,}0713 \sqrt{\frac{h\,g}{1 + 0{,}03359\,d}}$ in rheinländischen Fußen, wo der Divisor unter dem Wurzelzeichen für ein bestimmtes Instrument auch constant bleibt. Bei sehr genauen Beobachtungen mit destillirtem Wasser ist g nach der Temperatur des Wassers zu bestimmen, übrigens aber unter bestimmten Umständen, z. B. bei Anwendung von Salzauflösung in Temperaturen, wo das Wasser frieren würde, besonders zu ermitteln. — Da schon geringe Veränderungen im Niveau der Flüs-

ſigkeit ziemlich großen Veränderungen im Drucke des Windes und demgemäß i der Geſchwindigkeit deſſelben entſprechen, ſo haben kleine Beobachtungsfehler, d faſt unvermeidlich ſind bei der Veränderlichkeit der Windſtärke und den Umſtände unter denen die Beobachtung geſchieht, großen Einfluß auf das Reſultat der B rechnung. Deswegen hat Robiſon vorgeſchlagen, die Röhre, in welcher die Flüſſ keit unter dem Drucke des Windes aufſteigt, gegen den Horizont zu neigen, inde dann zu derſelben Höhenerhebung größere Längen dieſer Röhre von der Flüſſigk durchlaufen werden müſſen, die Beobachtungsfehler alſo geringer werden. Bo theilhafter aber ſcheint noch eine andere von Robiſon *) vorgeſchlagene Modi cation des Lind'ſchen Anemometers.

Die horizontale Röhre AB und die verticale CD, welche beide gleiche Dur meſſer haben mögen, werden durch eine genau horizontale Zwiſchenröhre B von kleinerem Durchmeſ mit einander verbund Nachdem man nun Oeffnung A vor der Ei wirkung des Windes ſchützt hat, wird in ſo lange Waſſer gegoſſ bis dieſes zum Punkt tritt. Wenn nun der W auf das Waſſer in A drü ſo wird es in dem Sch kel CD um die Größe gehoben, aber da der Sch kel BG weit enger iſt, wird die Länge BF, d welche hier das Wa getrieben wird, bei tem größer ausfallen



fE. Geſetzt, der Querſchnitt von BG ſei nur $^1/_{12}$ ſo groß als der von CD, die Größe Ef betrage 0‴, 5 Waſſer, was bei einem Barometerſtande von 33 einer Geſchwindigkeit von etwa 12 Fuß in der Secunde entſprechen würde, würde es leicht möglich ſein, ſich bei unmittelbarer Meſſung der Säule Ef 0‴, 1 oder 0‴, 2 zu verſehen. Aber eben dieſe Höhe Ef entſpricht in der 12 engeren Röhre GB einer Länge von 6‴; wenn alſo auch hier derſelbe Fehler b Ableſen begangen wird, ſo wird der Einfluß auf das Endreſultat viel gerin Bezeichnet d_1 den Durchmeſſer des engen Rohres GB und l den Weg, welchen Waſſerſpiegel unter Einwirkung des Windes von der Geſchwindigkeit v in zurücklegt, ſo iſt in der oben angegebenen Formel ſtatt h zu ſetzen $\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 l$ d_1 ſtatt d. Man hat alſo $v = \frac{55{,}0713\ d_1}{d}\sqrt{\frac{l\ g}{1 + 0{,}03359\ d_1}}$. — vielleicht noch vortheilhaftere Verbeſſerung des Lind'ſchen Anemometers iſt

*) Kämtz, Meteorologie. Bd. I. S. 155.

von Wollaston angegebene Differentialanemometer oder Differentialbarometer *), bei welchem der Druck des Windes nicht durch das Gewicht einer einzigen Flüssigkeitssäule, sondern durch die Differenz der Gewichte zweier Flüssigkeiten von verschiedener Dichte äquilibrirt wird. Eine Glasröhre von $^1/_4$ Zoll Weite ist zu einem communicirenden Gefäße mit parallelen Schenkeln umgebogen und bis zu 2 bis 3 Zoll Höhe in beiden Schenkeln mit Wasser gefüllt. Jedes der oberen Enden der Röhre ist mit einem etwa 2 Zoll weiten kleinen Behälter verbunden, von denen der eine oben offen, der andere geschlossen und nur zur Seite mit einem offenen Rohre verbunden ist. In beide Behälter wird eine Flüssigkeit, die leichter als Wasser ist und sich mit Wasser nicht mischt, z. B. Olivenöl, eingegossen, so daß in jedem Behälter etwa $^1/_2$ Zoll hoch Oel steht und die Wasserspiegel in den beiden Schenkeln, wo sie das darauf ruhende Oel berühren, im Niveau stehen. Findet nun in dem geschlossenen Behälter eine Zusammendrückung der Luft dadurch statt, daß das in demselben befindliche Rohr dem Winde entgegengehalten wird, so wird der Wasserspiegel in dem mit dem geschlossenen Behälter verbundenen Schenkel herabgedrückt, in dem anderen Schenkel gehoben, und da dem niedersinkenden Wasserspiegel natürlich eine Oelsäule nachfolgt, so ist die dem Drucke des Windes entgegenwirkende Kraft gleich dem Gewicht der gehobenen Wassersäule vermindert um das Gewicht der gesunkenen Oelsäule, d. h. gleich dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule, welche mit beiden gleiches Volumen und ein specifisches Gewicht gleich der Differenz der specifischen Gewichte der benutzten Flüssigkeiten besitzt. Ist daher γ das specifische Gewicht der schwereren, γ_1 das der leichteren Flüssigkeit, $d_{,,}$ die Weite des dem Winde entgegengestellten Rohres, so ist für die beschriebene Einrichtung die Windgeschwindigkeit $v =$

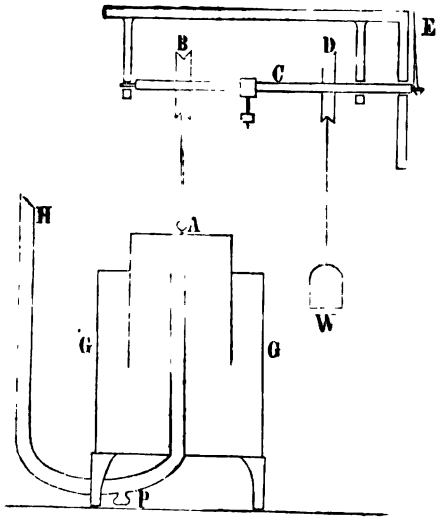
$$43{,}0713 \sqrt{\frac{h\,(\gamma - \gamma_1)}{1 + 0{,}033588\,d_{,,}}},$$

indem die unbedeutende Veränderung des Niveaus in den beiden Behältern vernachlässigt werden kann. Bei Anwendung von Olivenöl und Wasser ist die Genauigkeit des Instrumentes 11mal so groß, als bei Wasser allein, und wird dem Wasser eine beliebige Menge Alkohol zugesetzt, so kann diese Genauigkeit noch 20, 30 ꝛc. mal größer werden.

Aus dem Bestreben, das Lind'sche Instrument zu größerer Empfindlichkeit zu vervollkommnen, ist auch noch das dem eben beschriebenen ähnliche, von Dine**) angegebene sinnreiche Anemometer hervorgegangen. Dasselbe (s. d. umstehende Abbildung) besteht aus einem cylindrischen, mit Wasser gefüllten, blechernen Gefäße GG, in welches ein anderer luftdichter Cylinder A herabgesenkt ist. Letzter hängt an einer Schnur, deren anderes Ende um die Rolle B, die auf der Axe C festsitzt, geschlungen ist. Auf dieser nämlichen, mit ihren Endzapfen in Zapfenlagern liegenden Axe sitzt gleichfalls die Schnecke D fest, um welche eine Schnur gewunden ist, die am andern Ende das Gewicht W trägt. Das Gewicht des Cylinders A und das in W halten sich das Gleichgewicht und stellen den Zustand der Ruhe her, wenn die Schnur des letzteren um die höchste Windung der Schnecke geschlungen ist und also auf den längsten Hebelarm wirkt;

*) Philosoph. Transact. 1829. p. 133. Pogg. Ann. 1829. Bd. XVI. S. 618. Kreil-Cuchel. Bd. I. S. 231.

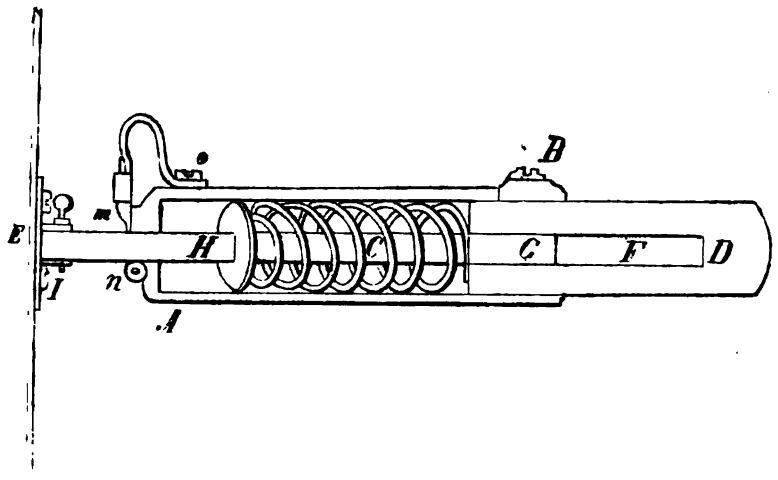
**) Edinburgh New Philos. Journ. N. XLIV. p. 309. Vergl. Gehler N. A. Bd. X. S. 2205.



sobald aber A durch verdichtetere Lu
im Innern gehoben und also leic
ter wird, gelangt die Schnur d
Schnecke D auf eine kleinere Windu
und übt also eine geringere Kr
aus. Mit der Schnecke dreht s
zugleich die Axe, an deren ein
Ende der Zeiger E festsitzt, des
Spitze auf einem getheilten Kr
die Grade der Umdrehung angi
Zum Messen des Maximums u
des Minimums der Windstärke b
nen zwei fliegende Zeiger, die du
den Hauptzeiger fortgeschoben an
erreichten Stelle zurückbleiben. In d
innern Cylinder A befindet sich die O
nung eines gebogenen Rohres, wel
durch den Boden des größeren Cylind
geführt und dann aufwärts gebo
ist. Die weitere Construction ist durch die Zeichnung nicht erläutert, sond
bloß beschrieben. Am obern Ende H der Röhre befindet sich nämlich eine Kam
mit einer trichterförmigen Oeffnung, die dem Winde allezeit entgegensteht.
dieses zu erreichen, ist die Kammer der Oeffnung diametral gegenüber mit e
Windfahne versehen und um die Oeffnung der Röhre H drehbar, indem ein Q
silberventil sie luftdicht macht. Der Stöpsel P endlich dient dazu, um das etw
die Röhre geflossene Wasser abzulassen. Das Instrument beruht, wie man s
darauf, daß unter dem Einflusse des Windes das Gleichgewicht zwischen dem
Theil mit Luft erfüllten Gefäße und dem Gewichte gestört wird, was sogleich
Fall ist, wenn durch die aus dem Innern jenes Gefäßes nach außen führ
Röhre Luft in das Gefäß geblasen, die Luft in seinem Innern also verdichtet u
welches dieselbe Wirkung hat, als wenn das Gefäß leichter geworden wäre.

Am häufigsten wird die Stärke des Windes dadurch gemessen, daß man
Kraft zu bestimmen sucht, mit welcher der Wind gegen eine ihm entgegenste
Fläche drückt. Aus dieser Bestimmung läßt sich dann die Geschwindigkeit
Windes durch Rechnung finden. Eine derartige Vorrichtung ist das Ane
meter von Bouguer *). Dasselbe besteht aus einem Rohre A, welche
dem einen Ende mit einem befestigten Deckel versehen ist, in dem sich eine vi
tige Oeffnung befindet, mit dem anderen Ende aber über einen Cylinder D gesch
und bei B durch eine Schraube an denselben befestigt ist. Durch die vierse
Oeffnung geht ein Stab, der von E bis H vierkantig, von H bis G rund un
H mit einer festsitzenden Scheibe versehen ist, welche beinahe denselben Durchm
hat wie die innere Röhre. Der runde Stab paßt so in die Oeffnung des Cyli

*) Bouguer traité du Navire p. 359. Desf. Manoeuvre des vaisseaux p. 151.
let, art des expér. T. III. p. 62. und J. E. Zeiher, methodus exped. veloc. venti al
tam determinandi, Novi Comment. Petrop. T. X. p. 302. Allg. Maschinen-Encycl
Bd. I. S. 224.



daß er mit möglichſt geringer Reibung in dieſem hinein und heraus gleiten kann. Zwiſchen der Scheibe H und dem inneren Ende des Cylinders D iſt eine Spiralfeder C eingeſpannt, welche für gewöhnlich die Scheibe H von innen an den Deckel des Rohres A andrückt und, wenn durch eine gegen E wirkende Kraft der Stab in die Röhre tiefer hineingeſchoben wird, dieſen wieder aus der Röhre herauszutreiben ſtrebt, ſobald jene Kraft nachläßt. An dem Ende E des Stabes iſt eine Tafel von beſtimmter Größe (etwa 1 Quadratfuß) genau rechtwinkelig auf E G mit einer durch eine Schraube befeſtigten Tülle I angeſchoben, und damit durch das Gewicht derſelben die Reibung der Stange in der vierſeitigen Oeffnung nicht zu groß werde, iſt vor dieſer Oeffnung eine Reibungsrolle n angebracht, auf welcher die Stange aufliegt. Der Apparat muß ſtets ſo aufgeſtellt werden, daß dieſe Rolle nach unten zu liegen kommt. Oberhalb iſt durch die Schraube o der federnde Schreibſtift m befeſtigt, welcher auf der Oberſeite des Stabes E H durch eine Linie die Punkte bezeichnet, welche ſich unter ihm hinbewegen, wenn E H in das Rohr eingeſchoben wird. Je tiefer der Cylinder D in die Röhre A hineingeſtoßen wird, deſto ſtärker wird die Spannung der Feder C. Das Inſtrument wird nun auf irgend eine Weiſe ſo befeſtigt, daß das Rohr A auf keine Weiſe durch den Wind bewegt werden, wohl aber ſo geſtellt werden kann, daß es mit ſeiner durch den Stab E G bezeichneten Längenaxe genau in die Richtung des Windes eingeſtellt werden kann. Zur desfallſigen Regulirung des Inſtrumentes bedarf man einer in ſeiner Nähe angebrachten Windfahne oder das Inſtrument iſt an eine große Windfahne ſo befeſtigt, daß es durch dieſe ſelbſt ſtets in der gehörigen Stellung gegen den Wind gehalten wird. Iſt es genau geſtellt, ſo drückt der Wind ſenkrecht gegen die Tafel E und ſchiebt in Folge deſſen den Stab E G immer tiefer in die Röhre hinein, bis endlich die Spannung der Feder der Kraft des Windes das Gleichgewicht hält. Da der Wind ſtoßweiſe bläſt, ſo wird die Stange bald mehr bald weniger tief in die Röhre hineingeſtoßen werden; an der Spur, welche der federnde Stift m auf der Oberſeite des Stabes zurückläßt, erkennt man alſo, wenn der Wind vorüber iſt, den höchſten Grad der Stärke,

den der Wind erreicht hatte. Um nun aber eine directe Beſtimmung zu haben, m
wie viel Pfund Gewicht der Wind gegen die Fläche der Tafel E gewirkt, braud
man dieſe bloß ſo lange mit Gewichten zu belaſten, bis der Stab wieder ſo tief i
die Röhre eingedrungen iſt, als ihn nach dem Merkzeichen der Wind im Auge
blicke ſeiner größten Mächtigkeit hineingeſtoßen hatte. Bei dieſer Einrichtung d
Inſtrumentes kann man alſo nur durch einen nachträglichen Verſuch beſtimme
wie groß der Druck des Windes im Augenblicke ſeiner größten Mächtigkeit geg
eine ihm ſenkrecht entgegenſtehende Ebene von beſtimmter Größe war. Will m
die bald ſteigende bald fallende Heftigkeit des Windes während ſeiner ganzen Dau
beobachten und ſo beſtimmen, daß man in jedem Augenblicke angeben kann, m
welcher Kraft der Wind ſoeben gegen die ihm entgegenſtehende Ebene drückt,
muß man das Inſtrument ein für allemal mit einer Scala auf der oberen Se
des vierkantigen Stabes verſehen, welche angiebt, wie viel Pfund Kraft da
gehören, um den Stab bis zu den einzelnen Theilpunkten der Scala hineinzuſch
ben. Die Theilpunkte werden durch Verſuche mit auf die Platte aufgelegten G
wichten direct beſtimmt. Man kann auch eine beliebige Scala mit gleichen Theil
auf E H verzeichnen und durch Verſuche beſtimmen, welche Gewichtsbeſtimmung
den einzelnen Theilpunkten entſprechen. Der Nullpunkt der Scala iſt natürl
ſtets bei H.

Aus dem Drucke des Windes kann man einen Schluß auf die Geſchwindigk
deſſelben machen, denn jener iſt lediglich eine Folge der Bewegung der Luft. N
den Verſuchen von Borda, berechnet von Balz *), ſteht der Druck des Win
gegen eine Fläche im quadratiſchen Verhältniſſe mit der Geſchwindigkeit deſſelb
und in einem etwas größeren Verhältniſſe als der Flächeninhalt der geſtoßen
Ebene, ſo daß

$$y = 0{,}001289\, x^2 + 0{,}000050541\, x^3$$

iſt, wenn x^2 die geſtoßene Fläche in alten franzöſiſchen Quadratzollen und y den Dr
des Windes in alten Pariſer Pfunden für eine Geſchwindigkeit von 10
bedeutet. Auf preußiſches Maß und Gewicht reducirt erhält man die Formel

$$y = 0{,}001259\, x^2 + 0{,}00004773\, x^3,$$

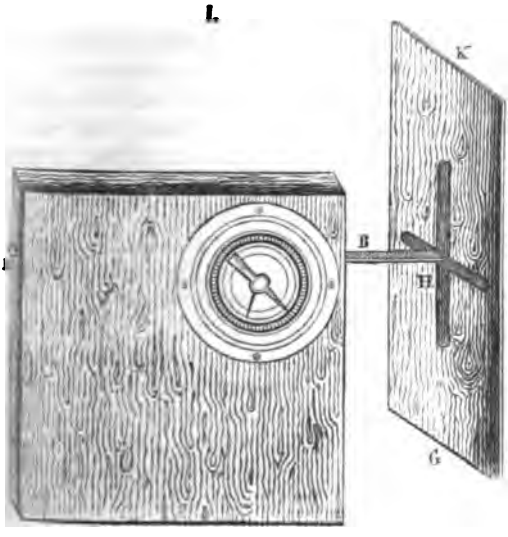
und wird nun angenommen, daß die vom Winde geſtoßene Fläche = 1 Quadr
fuß ſei, ſo wäre für einen beobachteten Druck des Windes von m Pfunden
zugehörige Geſchwindigkeit $v = 20{,}152 \sqrt{m}$.

Regnier **) hat an dem Bouguer'ſchen Anemometer einige Verbe
rungen angebracht. Fig. I. zeigt das Aeußere, Fig. II. das Innere des Inſtrument
Die Tafel G K von einer gegebenen Dimenſion, welche dem Strome des Win
lothrecht entgegengerichtet wird, iſt beibehalten. Vermittelſt eines zur Steifu
dienenden Kreuzes H iſt dieſe an der Stange E B feſtgemacht, gegen welche die Fe
A F drückt, die im gewöhnlichen Zuſtande gar nicht angeſpannt iſt, um den leiſe
Druck des Windes gegen die Tafel anzuzeigen; durch das Zurückgedrücktwerden
Scheibe aber widerſteht ſie dieſem Drucke mit wachſender Spannung. Um
dieſer gleichkommende Gewicht zu beſtimmen, kann man Gewichtſtücke auf die

*) Zach, Correspond. Astronom. Vol. X. p. 341.

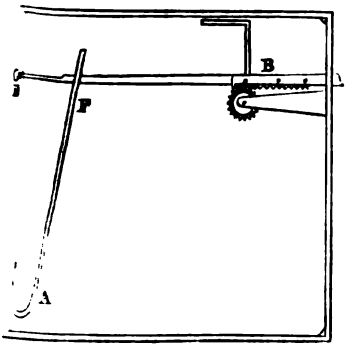
**) Bullet. de la soc. d'encouragement. N. 150. Vergl. Gehler N. A. Bd.
S. 2157.

I.



horizontale Lage gebrachte Tafel legen oder dieſelben an den Ring E hängen, welcher am Ende der Stange angebracht iſt. Aus der Zeichnung erſieht man leicht den gezahnten Theil der Stange EB, welcher in ein Getriebe eingreift, an deſſen Axe der außerhalb angebrachte Zeiger feſtſitzt. Auf dem äußeren Zifferblatte werden dann die Zahlen gezeichnet, welche den jedesmaligen Gewichten zugehören, und indem der Zeiger dann zugleich einen andern mit leichter Reibung beweglicher Zeiger vor ſich her treibt, ſo giebt letzterer zugleich durch ſeinen Stand die größte Intenſität an, welche der Wind während einer beſtimmten Zeit erreicht hat. Der Kaſten, worin ſich dieſer Mechanismus befindet, kann ſehr flach und von bedeutender Größe ſein, um zugleich ſelbſt als Windfahne zu dienen, welche die Druckfläche der Richtung des Windes lothrecht entgegenhält. Ganz ähnlich iſt ein ſchon früher von v. Poſchmann *) für den Kaiſer von Rußland ausgeführtes Anemometer.

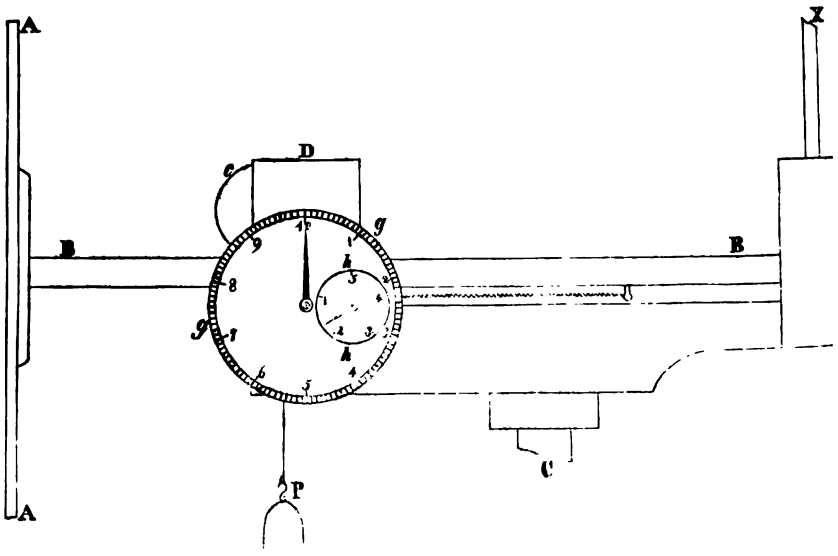
II.



Bei Leupold's Windmaſchine **) iſt die bewegliche Fläche über einer Windfahne angebracht, durch welche jene ſtets ſenkrecht vor den Wind geſtellt wird. Sie zieht bei ihrer Bewegung an einer Schnur, die über eine Welle gelegt iſt, an welcher aus eine zweite Schnur über eine ſpiralförmige Bahn nach einem Gewichte ſenkrecht niederführt. Wird die bewegliche Stoßfläche vom Winde zurückgedrängt, ſo wird durch die erſte Schnur die Welle gedreht und die zweite Schnur kommt dann in größere Entfernung von der Drehaxe, wodurch das Moment des Gewichtes ſich vergrößert. Aus dem Wege, den die geſtoßene Fläche zurücklegt, oder aus der Zeit, bis zu welcher das Gewicht gehoben wird, ſchließt man auf den Druck und aus dieſem auf die Geſchwindigkeit des Windes.

Eine weitere zwar etwas complicirte, jedoch jedenfalls ſehr vortheilhafte Verbeſſerung hat das Bouguer'ſche Inſtrument durch Beau-

*) Voigt's Magazin. Th. VII. S. 463.
**) Theatr. Mach. gen. C. XVIII. p. 141. Maſchinen-Encycl. Bd. I. S. 226.



ſoy *) erfahren. Eine dünne hölzerne Tafel AA iſt an einer vierkantigen horizontalen Stange BB befeſtigt, und wird durch die an der verticalen run den Stange X oben angebrachte große Windfahne dem herrſchenden Wind ſtets perpendiculär entgegen gerichtet. Die Stange BB iſt hinlänglich lang um an ihrem vorderen Theile auf der unteren Frictionsrolle ruhend dem Wind brete vollkommen das Gleichgewicht zu halten. Sie bewegt ſich nämlich a zwei Stellen zwiſchen Frictionsrollen, deren 4 in dem Kaſten D, wovon eine b c ſichtbar iſt, die andern 4 in dem Gehäuſe Z befindlich ſind. Bei der Größe u vollendeten Ausführung derſelben darf man annehmen, daß die Reibung d Stange dadurch auf ein unbedeutendes Minimum herabgebracht wird. An d Stange iſt eine Kette befeſtigt, wie diejenigen, welche ſich in den Taſchenuhr befinden, deren Fortſetzung um einen Cylinder gewunden iſt, welcher zugleich m einer Schnecke, wie die der Uhren, verſehn iſt und deſſen durch das Zifferblatt g hervorſtehendes Ende einen Zeiger trägt. Eine um die Schnecke gewundene fe ſeidene Schnur trägt an ihrem anderen Ende das herabhängende Gewicht P, we ches um ſo ſtärker auf die gemeinſchaftliche Axe des Cylinders und der Schne wirkt, woran auch der Zeiger befeſtigt iſt, je weiter die Windungen der Schn ſind und je länger alſo der Hebelarm iſt, welchen es umzudrehen das Beſtreben h Je tiefer daher die Stange BB durch den Stoß des Windes gegen die Platte A hineingedrückt wird, deſto mehr zieht die Kette an dem umwundenen Cylinder u dreht dieſen, zugleich aber auch die Schnecke, um ihre gemeinſchaftliche Axe; die Sch windet ſich um zunehmend weitere Spiralen der Schnecke und ſtrebt dem wach den Drucke des Windes entgegen, wodurch ſich die Kraft deſſelben meſſen l Jede einzelne Umdrehung der Schnecke wird durch den Zeiger des Zifferblattes in Hundertſteln angegeben, hinter dem Zifferblatte aber hat die Axe dieſes Zeig

*) Annals of philosophy. New Ser. T. II. p. 431. Vergl. Gehler, N. A. Bd. S. 2192.

mit ein Getriebe, welches in ein gezahntes Rad eingreift, auf deſſen Axe der Zeiger des kleinen Zifferblattes h h feſtſitzt, um auf dieſe Weiſe die einzelnen Umdrehungen des erſten Zeigers zu meſſen. Wenn demnach die Zeiger, die wie gewöhnlich aufgeſteckt ſind, auf 0 geſtellt werden, der Faden des Gewichtes P aber durch die Axe des Cylinders und der Schnecke herabhängt, mithin auf deren Umdrehung keine Gewalt ausübt, und die Stange B B ſo weit vorgeſchoben wird, daß die an ihr befeſtigte Kette nicht geſtrafft iſt, ſo befindet ſich der Apparat in Ruhe. Sobald aber dann der Wind die Scheibe A A zurückdrückt, ſtrebt die Kette ihren Cylinder und die Schnecke umzudrehn; der ſich um die Schnecke windende Faden mit dem Gewichte P ſtrebt dieſem entgegen, bis das Gleichgewicht hergeſtellt iſt, und die Zeiger meſſen die dieſem zugehörige Gewalt. Um das Maximum der letzteren zu wiſſen, iſt ein Sperrkegel angebracht, welcher in den gezahnten äußerſten Rand der Schnecke eingreift und dieſe in der erreichten Lage feſtſtellt. Wie dieſer Windmeſſer auf einem hinlänglich feſten Geſtelle leicht in horizontaler Ebene drehbar befeſtigt werden könne, um entweder nach der Abſicht des Erfinders tragbar oder feſtſtehend zu ſein, iſt in der Zeichnung bloß angedeutet.

Das Anemometer von Hugh Hamel*) beſteht im Weſentlichen aus einem Parallelogramm von Stäben, welche mit Gelenken an einander ſo befeſtigt ſind, daß ſie ſich mit der größten Leichtigkeit hin und her ſchieben laſſen, wodurch die Winkel des Parallelogramms verändert werden. Dieſes Parallelogramm iſt mit einer ſeiner Seiten (dem obern Stabe) wagerecht befeſtigt, aber ſo, daß es mit derſelben der Richtung des Windes gerade entgegengeſtellt werden kann. Zwei Seiten des Parallelogrammes hängen in einer verticalen Ebene herab und die vierte Seite der erſten ſtets parallel. An dieſer vierten Seite iſt an dem einen Ende, das etwas vorragen kann, eine Stoßfläche angebracht, auf dem andern Ende iſt ein der Stoßfläche an Schwere entſprechendes Gegengewicht befeſtigt. Zur Zeit der Windſtille ſind die Winkel des Parallelogramms rechte, d. h. die Seitenſtangen hängen in der Verticallinie herab; trifft aber der Wind gegen die Stoßfläche, ſo weicht dieſelbe zurück, zugleich gehen die Seitenſtangen in eine ſchiefe Lage über und machen die eine einen ſpitzen, die andere einen ſtumpfen (jenen zu 180° ergänzenden) Winkel mit der horizontalen Stange. An einem der oberen Winkelpunkte des Parallelogrammes iſt eine Gradtheilung angebracht, um die Winkel zu meſſen. Aus der Größe dieſer Winkel ſchließt man dann auf Mächtigkeit und Geſchwindigkeit des Windes. Man kann leicht beſtimmen, wie groß das Gewicht ſei, durch welches die ganze Vorrichtung in die den Geſetzen der Schwere gemäße Stellung (ſo daß die Seitenſtangen rechte Winkel mit den horizontalen Stangen machen) gebracht wird, welchem alſo die Kraft des Windes entgegenzuwirken hat. Bezeichnet Q dieſes Gewicht und a den beobachteten ſpitzen Winkel, welchen eine der herabgehenden Stangen mit der horizontalen Stange macht, dann iſt die dem Drucke des Windes entgegenwirkende Kraft $p = Q \tang a$ und demgemäß, wenn die Stoßfläche 1 preuß. Quadratfuß groß iſt, die Geſchwindigkeit des Windes $v = 20{,}152 \sqrt{Q \tang a}$ in preuß. Fußen. Man kann auch die für verſchiedene Werthe des Erhebungswinkels a geltenden Werthe von p zuerſt durch Verſuche beſtimmen und hiernach eine Scale berechnen, aus welcher unmittelbar zu jedem beobachteten Erhebungswinkel a für ein beſtimmtes Inſtrument die Windgeſchwindigkeit v gefunden werden kann.

*) Philos. Mag. and Annals of Philos. 1832. Febr. p. 160. Maſch.-Enc. Bd. I. S. 226.

Leupold*) ſchlug eine Windwage vor, an welcher ein von ein horizontalen Welle ſenkrecht herabgehender Arm eine dem Winde ſenkrecht entgege zuhaltende Stoßfläche trug, während ein wagerechter Arm eine Wagſchale hielt, die man zur Herſtellung des durch den Druck des Windes geſtörten Gleichgewicht Gewichte that, aus denen man dann die Gewalt des Windes berechnen konnte.

Die anemometriſche Windfahne oder das Diplanometer von Balz** iſt eine Vervollkommnung dieſes einfachen Apparates. Dieſelbe beruht dara daß durch eine Windfahne erſt die Richtung des Windes genau beſtimmt und da die Kraft geſucht wird, welche nöthig iſt, um dieſelbe Windfahne in einer geg die Richtung des Windes rechtwinkeligen Stellung zu erhalten. Dieſe Fah beſteht aus einer kreisförmigen Metallſcheibe, welche durch einen horizontalen belarm mit der Spindel verbunden iſt. Auf der entgegengeſetzten Seite iſt an Spindel ein Hebelarm von gleicher Länge mit dem erſten angebracht, welcher ſeinem Ende eine Kugel als Gegengewicht gegen die Fahne trägt. Die Spin geht in einer kupfernen Leitung durch das Dach des Beobachtungszimmers, n unten mit einem Zapfen in einer Pfanne und iſt unmittelbar über demſelben einem Pfeile verſehen, durch welchen auf einer darunter angebrachten Windr die Windrichtung genau angegeben wird. Um auch die Grenzen der Richtun veränderung in der Beobachtungszeit zu erhalten, ſteht an der Windroſe zu je Seite des Pfeiles ein Laufzeiger. Ueber dem Pfeile iſt ferner eine Rolle mit Spindel verbunden, auf deren Spur eine Seidenſchnur aufgewunden iſt; die tere geht über eine Leitrolle ſenkrecht nieder und kann nach Erfordern mit ei tieferſtehenden Federwage verbunden werden, deren Zeiger die Kraft beſtimmt, welcher die Schnur angezogen werden muß, um die Windfahne in einer beſtimm Richtung und daher auch dem Drucke des Windes das Gleichgewicht zu hal Hat man nun den mittleren Stand der Windfahne zu einer beſtimmten Zeit beob tet, ſo dreht man die Fahne um einen rechten Winkel herum und fixirt ſie in di Stellung dadurch, daß man die Schnur mit der Feder verbindet; die Angabe Federwage läßt dann einen Schluß auf die Größe des Druckes und der Geſchw digkeit des beobachteten Windes zu. Es iſt hierbei am vortheilhafteſten, die Dim ſionen der unten angebrachten Rolle ſo einzurichten, daß durch die Angabe Federwage ſogleich direct der Druck des Windes auf die Einheit der Stoßfläche, hier wieder ein preuß. Quadratfuß ſein mag, beſtimmt wird. Iſt daher r Halbmeſſer der vom Winde getroffenen Stoßfläche r_1 der der Kugel, welche der Wi fahne das Gleichgewicht hält, R der Halbmeſſer der an der Spindel angebrad Rolle, e der Abſtand des Mittelpunktes der Stoßfläche von der Umdrehungs e_1 der Abſtand des Mittelpunktes der Kugel von der Umdrehungsaxe und S die Ein der Stoßfläche (alſo hier 1 Quadratfuß), ſo wird $R = \frac{\pi(er^2 - 0{,}4e_1r_1}{S}$

wobei $r^2\pi$ ſeiner Größe nach nur wenig von S unterſchieden ſein darf. Wenn für ſchwachen Wind größere Genauigkeit und für ſtarken Wind weniger ſch kende Reſultate verlangt, kann man zwei Rollen anbringen, von denen die etwa halb ſo groß, die andere doppelt ſo groß iſt, als der berechnete Halbmeſſer

*) Theatr. mach. gen. C. XVIII. p. 144.
**) Zach, corresp. astron. Vol. X. p. 339. Maſch.-Encycl. Bd. I. S. 227.

tert; man hat dann für geringere Windgeschwindigkeit die kleinere, für größere Windgeschwindigkeit die größere Rolle zu wählen und die an der Federwage erhaltenen Resultate im ersten Falle doppelt, im zweiten halb zu nehmen. Ist die Federwage nach preuß. Pfunden justirt und nennt man die jedesmalige corrigirte Angabe derselben p, so ist auch hier die Windgeschwindigkeit $v = 20{,}152\sqrt{p}$.

Eine sich durch Einfachheit auszeichnende anemometrische Vorrichtung ist das Pendel mit einer an seinem Ende angebrachten Kugel. Die Pendelstange ist so mit einer Windfahne in Verbindung gebracht, daß die Ebene, in welcher sie sich um ihre Drehungsaxe bewegen kann, mit der Ebene der Windfahne zusammenfällt, also durch diese stets in der Richtung des Windes erhalten wird. Das Pendel ist über seinen Drehungspunkt hinaus so weit verlängert, daß beide Arme desselben sich das Gleichgewicht halten, also gegen beide Arme der Druck des Windes, der sie nach entgegengesetzten Seiten zu drehen sucht, gleich ist, und diese Arme sind nach der Windseite zu zugeschärft, um den Druck des Windes gegen sie zu vermindern. An dem einen Ende des Hebels aber ist eine Kugel befestigt, welche der Schwere gemäß herabhängt und das Pendel zur Zeit der Windstille in perpendiculäre Stellung bringt. Der Wind drückt gegen die Kugel, deren dem Winde zugekehrte Stoßfläche sich stets gleich bleibt, während der Winkel, welchen die Pendelstange mit der perpendiculären Linie macht, sich fortwährend ändert, je nachdem die Kraft des Windes zu- oder abnimmt. Eine Gradeintheilung, deren Mittelpunkt in dem Drehungspunkte des Pendels, deren Nullpunkt in der perpendiculären Linie von diesem Punkte liegt, ist so angebracht, daß man an ihr die Winkel, welche die Pendelstange macht, ablesen kann. Ist Q das auf den Mittelpunkt des Stoßes reducirte Gewicht des Pendels und α der Erhebungswinkel, so ist die dem Drucke des Windes entgegenwirkende Kraft $= Q \tang \alpha$. Die Wirkung des Windes auf die Oberfläche der Kugel mit dem Halbmesser r bei der Geschwindigkeit v ist aber nach Schmidt *) $= r^2 \pi b w \left(\frac{q}{2} + \frac{q^2}{2.3} + \frac{q^3}{2.3.4} + \ldots\right)$, wo b den Barometerstand in preuß. Zollen, w das Gewicht eines preuß. Cubikzolles Quecksilber bei 0° Temperatur und $q = \frac{v^2}{499080}$ ist. Wird $w = 0{,}51786$ Pfund und b zu 28 Pariser Zoll angenommen, so wird mit Vernachlässigung aller höheren Potenzen von v, welche bei geringer Windgeschwindigkeit keinen Einfluß üben, $Q \tang \alpha = 0{,}000047235\ r^2 v^2$ und $v = \frac{145{,}502}{r} \sqrt{Q \tang \alpha}$.

Sehr einfach ist auch der anemometrische Apparat von Pickering **), der an der Spille einer großen Wetterfahne angebracht ist, die sich mit der Fahne zugleich dreht und dem Apparate selbst die gehörige Stellung gegen den Wind giebt. Es ist nämlich an der Spille in der Ebene der unbeweglich festsitzenden Fahne, aber auf der entgegengesetzten Seite derselben ein Quadrant angebracht, um dessen Mittelpunkt (von welchem aus er construirt ist) ein gabelförmiger Zeiger sich drehen kann, der an seinen unteren Enden, mit denen er über die Gradtheilung des Quadranten vorragt, eine Blechtafel trägt, — die Stoßfläche des Anemometers.

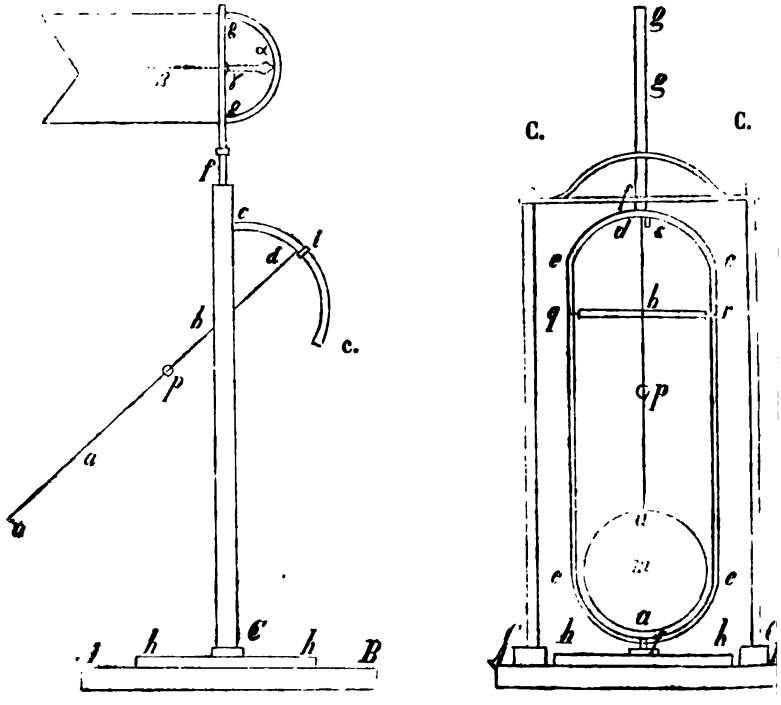
*) Theorie des Widerstandes der Luft. Göttingen, 1831. S. 55.
**) Philos. Transact. Tom. XLIII. N. 473. p. 9.

Dieſe wird vom Winde je nach ſeiner Stärke um einen mehr oder weniger groß Winkel gehoben, den man beobachtet. Der Quadrant iſt durch eine horizont Querſtange befeſtigt, die über denſelben etwas vorragt, um zu verhindern, daß Stoßfläche durch einen plötzlichen Stoß des Windes um mehr als 90° empor ſchleudert werde.

Ganz ähnlich iſt Oertel's Anemometer, nur daß bei dieſem die Drehun axe der Stoßſcheibe ein ſenkrecht auf der Spille der Fahne befeſtigter Stab iſt u der Quadrant durch eine Oeffnung in der Scheibe ſelbſt hindurch geht *). Die ä lichen Vorrichtungen, welche Herrmann **) und Dalberg ***) vorgeſchla haben, übergehe ich als zu wenig praktiſch.

Der vorzüglichſte noch hierher gehörige anemometriſche Apparat iſt v G. G. Schmidt †) angegeben. Das Anemometer daſſelben beſteht aus ei quadratiſchen Platte A B Fig. I. und II. von ſtarkem Holze und hinlänglichem

I. II.



wichte, um dem Stoße des Windes zu widerſtehn. Auf dieſer iſt der metall Rahmen CCCC lothrecht aufgerichtet, in welchem ſich ein zweiter Rahmen

*) Goth. Mag. Th. VI. St. 1. S. 89.

**) Mechan. verbeſſ. Wind-, Regen- und Trockenheitsbeobachter. Freib. u. Annab. 17 Gehler N. A. Bd. X. S. 2155.

***) Aném. propre aux amateurs de météor. Erf. 1781.

†) Pogg. Ann. Bd. XIV. S. 59.

dünnen Metallſtäben eeee mit ſeiner Axe ggkk leicht dreht, an deren oberem Ende gg die Windfahne befeſtigt iſt, welche die Fläche dieſes Rahmens der Richtung des Windes ſtets lothrecht entgegenſtellt. Am untern Ende der Axe iſt ein Zeiger befeſtigt, welcher ſich über der um ihre Axe drehbaren Windroſe hh bewegt, um den Apparat ſtets ſo zu richten, daß der Wind gegen die Fläche des Rahmens CCCC bläſt, ohne durch die verticalen Stäbe gehindert zu werden. Die Windroſe wird dann mittelſt einer Magnetnadel orientirt. Quer durch den beweglichen Rahmen eeee geht eine feine ſtählerne Axe qr, an welcher das bewegliche Pendel dbaa feſtſitzt. Der untere Theil dieſer Pendelſtange ba iſt keilförmig zugeſchärft, der obere Theil bd dagegen iſt etwas breiter, ſo daß der Stoß des Windes gegen beide ſehr nahe gleich und der Einfluß dieſer Stange daher beſeitigt wird. Die Scheibe m aus dünnem Meſſingblech iſt dazu beſtimmt, die Stärke des Windſtoßes zu meſſen; ihr Durchmeſſer betrug 0,15 Meter, die Länge der Pendelſtange bm 0,3 Meter. Der Winkel, bis zu welchem der Wind die Scheibe m hob, wurde mittelſt des Armes bd an einem Gradbogen cc gemeſſen, welcher am oberen Theil f des Rahmens eeee, auf deſſen Fläche lothrecht, befeſtigt war. Auf dem Gradbogen befand ſich zugleich ein leicht beweglicher, ſogenannter fliegender Inder i, welcher durch die Spitze des Hebelarmes fortgeſchoben in der größten erreichten Entfernung ſtehn blieb; doch muß man ſich dieſes Mittels nur bedienen, um plötzliche und heftige Windſtöße zu meſſen, da die gewöhnlichen geringeren Oscillationen beſſer und beſſer am Kreisbogen unmittelbar abgeleſen werden. Am unteren Theile der Pendelſtange befindet ſich ein verſchiebbares Bleigewicht p, 2 Loth ſchwer, von der Geſtalt einer flachen Linſe, welches dazu dient, den veränderlichen Schwerpunkt des Pendels zu reguliren und dadurch daſſelbe Pendel für ſchwächere und ſtärkere Winde mehr und minder empfindlich zu machen. Das Gewicht hat meiſtens die Lage, daß der gemeinſchaftliche Schwerpunkt zwiſchen b und m fällt und ſomit das Geſammtgewicht des Pendels = 5,104 Loth Cöln. auf den Mittelpunkt der Stoßfläche reducirt mit 2,552 Loth in Rechnung kommt. An der bei gg angebrachten vertical gerichteten Fahne hat Schmidt noch eine Vorrichtung angebracht, um die Abweichung der Windrichtung von der horizontalen Richtung beobachten zu können. Dieſe Einrichtung iſt durch die punktirten Linien (Fig. I.) angedeutet. Sie beſteht aus einer horizontalen Windfahne β, deren Ebene auf die der verticalen Fahne ſenkrecht gerichtet iſt. An dieſer, die ſich in ihrem Schwerpunkte c bei γ leicht in verticaler Ebene bewegt, befindet ſich ein des Gleichgewichtes wegen mit dem Gewichte α beſchwerter Zeiger, welcher auf dem Gradbogen gg die Neigung der Fahne gegen den Horizont und ſomit die Neigung der Windrichtung angiebt.

Iſt der Neigungswinkel des Pendels gegen die Verticallinie, unter welchem es mit dem Windſtoße ins Gleichgewicht tritt, $= \alpha$, ſein auf den Mittelpunkt der Stoßfläche reducirtes Gewicht = Q, ſo iſt unter der Vorausſetzung, daß der ſchiefe Stoß den Geſetzen der Zerlegung der Kräfte folge, der Stoß des horizontal wehenden Windes, welchen das Pendel aufnimmt, $= \frac{Q \sin \alpha}{\cos \alpha^2}$, daher (wenn die Stoßfläche etwa 1 Quadratfuß groß iſt) die Windgeſchwindigkeit $v = \frac{20,152}{\cos \alpha} \sqrt{Q \sin \alpha}$, und bei einem Windſtoße, welcher unter dem Winkel β gegen den Horizont geneigt iſt $v = \frac{20,152}{\cos (\alpha + \beta)} \sqrt{Q \sin \alpha}$ oder $= \frac{20,152}{\cos (\alpha - \beta)} \sqrt{Q \sin \alpha}$, je nachdem durch

β die Neigung des Windſtoßes gegen die Stoßebene vermehrt oder vermindert wird. Schmidt hat zur Benutzung ſeines Anemometers nachfolgende Tabelle berechnet, welcher diejenigen Verſuche zu Grunde gelegt ſind, die Boſſut *) über den Widerſtand des Waſſers beim ſchiefen Stoße bekannt gemacht hat, indem nach ſeinen eigenen Verſuchen **) die Bewegungsgeſetze elaſtiſcher Flüſſigkeiten, ſoweit ſie von Druck und Schwere abhängen, denen der tropfbaren ganz analog ſein ſollen.

Winkel	Stoß	Geſchwindigkeit	Winkel	Stoß	Geſchwindigkeit
Grad	Loth	Zoll	Grad	Loth	Zoll
1	0,0449	21,84	46	3,253	185,88
2	0,0899	28,59	47	3,372	189,36
3	0,1339	35,34	48	3,419	192,84
4	0,1798	42,09	49	3,626	196,32
5	0,2248	48,84	50	3,716	199,80
6	0,2697	52,91	51	3,896	203,16
7	0,3150	56,98	52	4,031	206,52
8	0,3603	61,05	53	4,116	209,88
9	0,4056	65,12	54	4,301	213,24
10	0,4509	69,20	55	4,421	216,60
11	0,4961	72,55	56	4,540	219,44
12	0,5414	75,90	57	4,660	222,28
13	0,5929	79,25	58	4,779	225,12
14	0,6444	82,60	59	4,896	227,96
15	0,6959	85,95	60	5,018	230,80
16	0,7474	89,12	61	5,098	232,62
17	0,7989	92,29	62	5,187	234,44
18	0,8504	95,46	63	5,258	236,26
19	0,9135	98,63	64	5,338	238,08
20	0,9766	101,80	65	5,418	239,90
21	1,0397	104,78	66	5,498	241,28
22	1,1082	107,76	67	5,559	242,66
23	1,1659	110,74	68	5,621	244,04
24	1,2290	113,72	69	5,682	245,42
25	1,2830	116,70	70	5,737	246,80
26	1,3376	119,68	71	5,799	247,92
27	1,3919	123,02	72	5,860	249,04
28	1,4462	126,18	73	5,907	250,16
29	1,6007	129,34	74	5,955	251,28
30	1,6550	132,50	75	6,002	252,40
31	1,7401	135,72	76	6,049	253,28
32	1,8252	138,94	77	6,097	254,16
33	1,9103	142,16	78	6,144	255,04
34	1,9954	145,38	79	6,179	255,92
35	2,0805	148,60	80	6,214	256,80
36	2,1660	151,94	81	6,249	257,46
37	2,2680	155,28	82	6,284	258,12
38	2,3700	158,62	83	6,318	258,78
39	2,4720	161,96	84	6,354	259,44
40	2,5740	165,30	85	6,372	260,10
41	2,6760	168,72	86	6,390	260,46
42	2,7780	172,14	87	6,408	260,82
43	2,8970	175,56	88	6,425	261,18
44	3,0160	178,98	89	6,442	261,54
45	3,1350	182,40	90	6,460	261,90

*) Boſſut, Hydrodynamik. Theil 2. **) Gilberts Ann. Bd. LXVI. S. 39.

Das weſentlichſte Stück des Anemometers von Lomonoſow *) iſt ein aus radialen Schaufeln von Blech verfertigtes Rad, welches in einer kaſtenförmigen Windfahne ſo angebracht iſt, daß es ſtets nur mit ſeinen zu oberſt ſtehenden Schaufeln aus dem Kaſten vorragt und daß ſeine Umdrehungsaxe ſenkrecht auf die Windrichtung zu ſtehen kommt, ſobald ſich die Fahne in dieſe einſtellt. Das Rad wird durch den Wind im Verhältniß ſeiner Stärke in Umdrehung geſetzt. Die weitere Vorrichtung zur Beobachtung und Selbſtregiſtrirung des Inſtruments iſt viel zu complicirt, um brauchbar zu ſein.

Einer anderen Radvorrichtung hat ſich Hirſchmann **) bedient. Das Anemometer deſſelben beſteht nämlich aus einem kleinen Rade, welches einem oberſchlächtigen Waſſerrade ähnlich geſchaufelt iſt und an einer ſenkrechten Welle ſich dreht. An dem Umfange des Rades iſt ein halbcylinderförmiger Mantel angebracht, welcher ſich um die Axe des Rades dreht und mit einer Windfahne ſo in Verbindung ſteht, daß durch die letztere, wenn ſie ſich in den Wind ſtellt, ſtets die Hälfte des Rades durch den Mantel verdeckt wird und daher der Windſtoß nur gegen die andere Hälfte ſich geltend machen kann. Die Umdrehungen dieſes Rades werden durch einen Zählapparat abgenommen, welcher aus mehren verbundenen Zahnrädern beſteht, ähnlich wie der bei dem Woltmann'ſchen Flügel (ſ. d. Folg.) beſchriebene, und aus der Umdrehungszahl des Rades wird auf die Windgeſchwindigkeit geſchloſſen. Eine weitere Vorrichtung ſoll das Inſtrument zu einem ſelbſtregiſtrirenden machen. — Das Dinglinger'ſche ***) Anemometer beſteht aus einem dem eben erwähnten ähnlichen Rade an verticaler Axe. Daſſelbe ſteht in einem cylindriſchen Gehäuſe, deſſen Seitenwand aus Blechtafeln beſteht, die ſämmtlich mit der Tangente des umſchließenden Cylinders einen gleichen Winkel bilden aber den äußeren Schaufeln eines oberſchlächtigen Rades im Durchſchnitte gleichen, ſo daß der in irgend einer Richtung wehende Wind nur auf einer Seite zwiſchen zwei Blechtafeln eintritt, auf der andern Seite aber abgleitet. An der Welle des durch den ſo eintretenden Wind getroffenen Rades befindet ſich ein ſpiralförmiger Kamm, von welchem eine Schnur über eine Rolle nach einem Gewichte geht; je höher das Gewicht gehoben iſt, von einem deſto längeren Hebelarme geht die Schnur aus, deſto größer iſt daher auch das Moment deſſelben, und das Rad iſt hiernach nicht zu einer ſtetigen Bewegung eingerichtet, ſondern dreht ſich nur ſo weit, bis der Stoß des Windes auf die Schaufeln des eingeſchloſſenen Rades dem Momente des Gewichtes gleich wird.

Das Anemometer, welches Chriſt. Wolff †) angegeben, beſteht ſeinen weſentlichen Theilen nach aus einem kleinen Rade mit Windmühlenflügeln, welches durch eine Windfahne gegen den Wind eingeſtellt wird. Der hintere Theil der Windfahne bildet einen flachen Kaſten, in welchem ſich die weiter zu beſchreibenden Theile des Apparates befinden. Dieſe ſind zunächſt eine Welle, an welcher ſich die Windmühlenflügel befinden und welche ſich mit dieſen umdreht. An dem im Kaſten gelegenen Theile dieſer Welle befindet ſich eine Schraube ohne Ende, welche in die Zähne eines Zahnrades eingreift und dieſes umdreht, ſobald ſich die

*) Novi comment. Petrop. T. II. p. 128. Gehler N. A. Bd. X. S. 2162.

**) Allgem. Maſchinen-Encycl. Bd. I. S. 234.

***) Leupold Theatr. mach. gen. c. XVIII. p. 133. Allgem. Maſchinen-Encycl. Bd. I. S. 234.

†) Elementa math. univ. Hal. 1743. T. II. p. 405. Gehler N. A. Bd. X. S. 2159.

Windmühlenflügel bewegen. Es iſt aber an dieſes Rad eine Stange befeſtigt, welche an ihrem Ende ein Gewicht trägt. Dieſe Stange mit dem Gewicht hängt urſprünglich ſenkrecht herab, ſobald aber der Wind gegen die Windmühlenflügel wirkt und dieſe das Zahnrad zu drehen anfangen, hebt ſich die Stange mit dem Gewicht um einen Winkel gegen die frühere Richtung. Den Geſetzen des Hebels gemäß iſt die Gegenwirkung des Gewichtes um ſo ſtärker, je größer der erwähnte Winkel wird, um welchen ſich die Stange hebt. Das Gewicht hält endlich der Kraft des Windes das Gleichgewicht. Man kann folglich aus der Größe des Winkels einen Schluß auf die Stärke des Windes machen. Da das Gewicht am Hebelarm nicht im Stande iſt, das Rad zurückzudrehen, nachdem der Druck des Windes nachgelaſſen hat, indem alsdann die Schraube ohne Ende der Rückdrehung Widerſtand leiſtet, ſo giebt die Stellung des Hebelarmes mit dem Gewicht, wenn man das Inſtrument von Zeit zu Zeit beobachtet, das Maximum an, welches die Kraft des Windes in der Zwiſchenzeit erreicht hatte. Da das Rad mit dem Hebel in erwähnten Kaſten eingeſchloſſen iſt, ſo kann man die Stellung des Hebels nicht leicht beobachten, deswegen iſt die Axe des Rades etwas verlängert, ſo daß ihr eines Ende etwas über das Bret des Kaſtens hervorragt, und an dieſe Vorragung iſt ein Zeiger befeſtigt, welcher dem Hebelarm im Innern genau parallel iſt, alſo alle Stellungen des letzteren äußerlich anzeigt. Iſt nun auf dem Kaſtenbret noch eine Gradeintheilung angebracht, deren Nullpunkt die verticale Stellung des Zeigers bezeichnet, ſo kann man bequem die Winkel ableſen, um welche inwendig der Hebel durch den Winddruck aus der verticalen Stellung gebracht wird. Die ſchwache Seite dieſer Vorrichtung iſt, daß ſich auf rationellem Wege ſchwer beſtimmen läßt, welche Windſtärken den Beobachtungswinkeln entſprechen. Man könnte dieſes Anemometer vielleicht nach einem Bouguer'ſchen Inſtrumente reguliren. Ein anderer Uebelſtand iſt, daß das Inſtrument die Schwankungen in der Windſtärke gar nicht angiebt, ſondern nur die Maxima, indem der Hebel bei nachlaſſendem Winddrucke zur verticalen Stellung nicht zurückgeht. Dieſem Uebelſtand ließe ſich abhelfen, wenn man nach Leupold's *) Vorſchlage ſtatt des Hebels mit dem Gewichte (und ſtatt der Schraube ohne Ende mit Zahnrad) die Welle der Windmühlenflügel mit einer coniſchen Spindel (wie die Schnecken an Uhren) verſähe, und über dieſe eine Schnur mit einem Gewichte ſo wickelte, daß ſich beim Umdrehen der Spindel durch die Gewalt des Windes der Angriffspunkt der Gewichte mit der Schnur immer weiter vom Drehungspunkte entfernte, bis endlich das Gewicht dem Winddrucke das Gleichgewicht hielte.

Eine andere Verbeſſerung rührt von Schober **) her. Hier iſt das in die endloſe Schraube der Flügelwelle bewegte Zahnrad mit einer Anzahl von Stiften verſehn, welche einen Hammer heben, der nach je 6 oder 12 Umdrehungen der Welle einen Schlag auf eine Glocke giebt. Je ſchneller die Windmühlenflügel ſich umdrehn, deſto ſchneller folgen die Glockenſchläge auf einander. Schober war bemüht, den Neigungswinkel der Flügel gegen die Windrichtung zu finden, bei welchem der Schwerpunkt jedes Flügels einen ebenſo großen Weg bei ſeiner Umdrehung zurück legt, als der die Umdrehung bewirkende Windſtrom. Er glaubt dieſen Winkel zu 52° beſtimmen zu können.

---

*) Theatr. mach. gen. C. XVIII. p. 134.
**) Hamb. Mag. Bd. IX. St. 2 und 3.

Peliſſon *) ließ von dem geſchickten Uhrmacher Droz ein Anemometer anfertigen, welches aus vier kleinen Windmühlenflügeln und einer beweglichen horizontalen Axe beſtand, die durch eine geeignete Windfahne jederzeit dem herrſchenden Winde entgegengehalten und durch dieſen umgetrieben wurden. Die Axe war mit einem Anſatze verſehen, welcher bei jedem Umlaufe ein gezahntes Rad mit 100 Zähnen um einen Zahn weiter rückte, wodurch zugleich ein Hammer gehoben wurde, welcher ſich nach einer ganzen Umdrehung dieſes Rades auslöſte und gegen eine Glocke ſchlug. Hiernach erfolgte bei je 100 Umläufen der Windmühle ein Schlag, und je öfter ſolche Schläge in einer gegebenen Zeit erfolgten, deſto heftiger wehte der Wind.

Dem Wolff'ſchen Inſtrumente verwandt iſt auch das von Leutmann angegebene Anemometer **). Derſelbe wählte eine vertical ſtehende, oben und unten mit coniſchen Spitzen in Vertiefungen leicht und mit geringer Reibung bewegliche Axe. Am oberen Ende derſelben befinden ſich zwei einander parallele, um eine angemeſſene Höhe von einander abſtehende Scheiben, zwiſchen denen, je nach der Größe, acht oder mehrere vertical ſtehende, ſämmtlich nach einer Seite gekrümmte Bleche befeſtigt ſind, die demnach eine Art von Trommel bilden. Indem dann der Wind, von welcher Seite er auch wehn mag, an den convexen Krümmungen abgleitet, ſich dagegen in den durch die Bleche gebildeten Vertiefungen fängt, treibt er dieſe Trommel ſtets nach der nämlichen Richtung um die verticale Axe. Die Trommel befindet ſich über einem Kaſten, in welchem der dazu nöthige Mechanismus angebracht iſt; ſie ſelbſt bietet dem Winde von allen Seiten freien Zutritt dar, indem bloß zwei vertical aufgerichtete Stangen oben einen Querbalken tragen, in deſſen Mitte ſich die Vertiefung befindet, worin die obere Spitze der cylindriſchen Axe läuft. Einige Zoll unter der oberen Decke des Kaſtens iſt an der Axe eine Schnecke mit einer ſpiralförmigen Windung befeſtigt, um welche ſich eine Schnur ſchlingt, bis die größeren Radien der Schnecke einen ſo ſtarken Widerſtand leiſten, daß der Wind denſelben nicht weiter überwinden kann. Die Schnur läuft von der Schnecke an über eine in verticaler Ebene angebrachte Rolle, dann über eine zweite gleichfalls verticale, die mit der erſten zwei rechte Winkel bildet, iſt dann um eine Trommel geſchlungen und am andern Ende mit einem angemeſſenen Gewichte beſchwert. Die Axe dieſer Trommel geht durch die eine Seitenwand des Kaſtens, und trägt an ihrem Ende einen Zeiger vor einer getheilten Scheibe, auf welcher man vom Nullpunkte oder der gänzlichen Windſtille, dem Stillſtande der Trommel, anfangend die jedesmalige Stärke des Windes abliest. Um aber zugleich das Maximum der Intenſität auch dann zu kennen, wenn dieſes in der Abweſenheit des Beobachters ſtattgefunden hat, ſchiebt der erſte Zeiger mittels eines kleinen Zapfens einen zweiten leicht beweglichen Zeiger vor ſich hin und läßt ihn auf derjenigen Stelle ſtehn, die das jedesmalige Maximum angiebt.

Durch beſondere Zweckmäßigkeit zeichnet ſich die Einrichtung des hydrometriſchen Flügels von Woltmann oder des Woltmann'ſchen Flügels***) (franz. moulinet de Woltmann) aus, welcher beſtimmt iſt, die Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers ſowohl, als auch des Windes zu meſſen. Hülſſe †) hat dem

*) Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde von einer Geſellſchaft naturforſchender Freunde in Berlin. 1790. Th. 10.

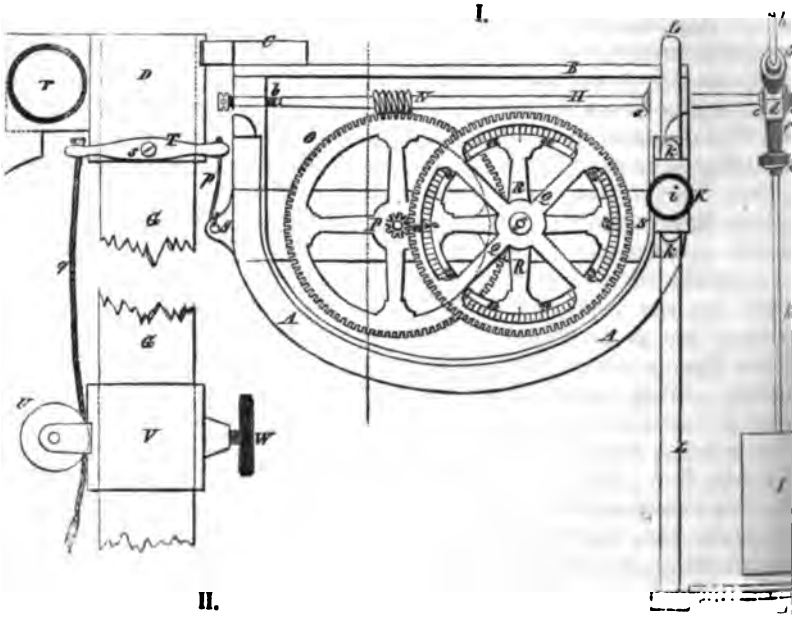
**) Instrumenta meteorologiae inservientia. Wittenb. 1725. p. 116. Gehler N. A. B. 1. S. 2160.

***) Theorie u. Gebrauch des hydrometr. Flügels ꝛc. Hamb. 1792. 2. Aufl. 1835.

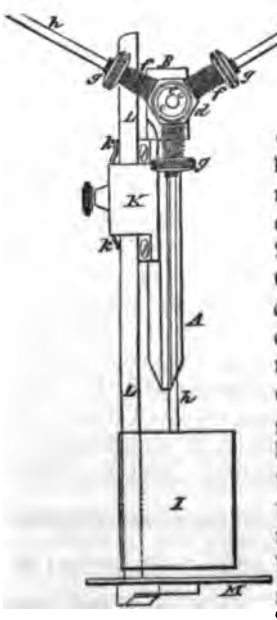
†) Allg. Maſch.-Encycl. Bd. 1. S. 236. Vergl. Polyt. Centralbl. 1837. S. 383.

Woltmann'ſchen Flügel folgende Einrichtung gegeben. Fig. I., II., III., IV. zeig das Inſtrument in ſeinen einzelnen Theilen. Fig. I. iſt eine Seitenanſicht; Fig.

I.



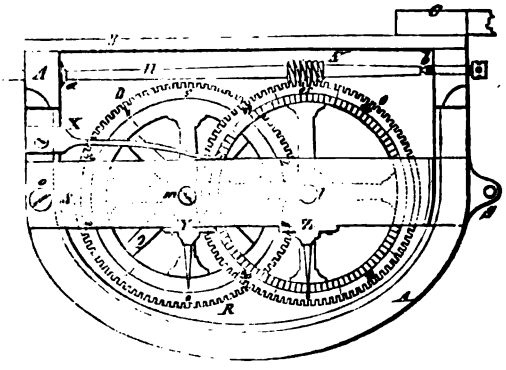
II.



eine Vorderanſicht; Fig. III. ein Durchſch parallel mit Fig. II. nach der punktirten L in Fig. I., und Fig. IV. die Anſicht der Fig entgegengeſetzten Seite. Der Bügel AA, welcher der dem Winde zugekehrten Seite zugeſchärft iſt, bi mit der auf ihn geſchraubten Platte B das Geſtell, w ches durch den Anſatz C an die Hülſe D befeſtiget Letztere läßt ſich durch eine Preßſchraube an den S G befeſtigen, und kann auch auf einen Anſatz von C aufgeſetzt werden, daß durch eine mit der Schrau an die Hülſe D angeſchraubten großen Fahne das Inſ ment immer in den Wind gerichtet und in demſel erhalten wird; das Gewicht des Inſtrumentes iſt gegen das der Fahne beſtimmt, daß der gemeinſch liche Schwerpunkt ungefähr in die Mittellinie vo fällt. In dem Bügel A liegt oben die Stahlwell welche bei a mit einem Geſtemme verſehen iſt, bei b mit einem coniſchen Loche gegen die gehärtete Sp der Schraube b ſtemmt, und zwiſchen a und c ſo in gut polirtes Lager von A eingelegt iſt, daß ſie nach e Trennung der beiden Theile A und B herausgenom

III.

IV.



werden kann. Bei c iſt an der Welle ein zweites Geſtemme und hinter c iſt dieſelbe auf ein Stück vierkantig gearbeitet und verläuft dann in eine Schraube; auf das vierkantige Stück iſt der ſechseckige Meſſingkopf d angeſchoben, welcher durch die Schraube e befeſtigt wird und auf drei abwechſelnden Seiten die geſpaltenen und nach außen etwas coniſch verjüngenden hohlen Schraubenſpindeln f enthält, über welche die Preßſchrauben g geſchraubt werden, um die hineingeſchobenen Flügelſtäbe h in den Armen in der ihnen gegebenen Stellung zu befeſtigen. Um die an den Stäben h befeſtigten Flügel I unter einem beſtimmten Winkel gegen die Windrichtung ſtellen zu können, iſt an der vordern Seite von A die Hülſe K angeſchraubt, in welcher der vierkantige Stab L mit der unten angebrachten Platte M hin und her ſchiebbar und in der erforderlichen Stellung durch die auf die Feder k drückende Preßſchraube k befeſtigen läßt. Die Platte M trägt eine Kreistheilung und iſt in einer ſolchen Richtung an L befeſtiget, daß der Mittelpunkt dieſer Kreistheilung bei ſenkrechtem Stande des Inſtrumentes ſenkrecht unter dem Mittelpunkte des Kopfes d ſich befindet.

Um die Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle H zu zählen, iſt an derſelben eine Schraube N angebracht, welche in das mit 100 Zähnen verſehene Rad O eingreift; an O befindet ſich ein 10ſtöckiges Getriebe P, welches in das Rad Q von 99 Zähnen und zugleich in das neben demſelben liegende Rad R von 100 Zähnen eingreift. Das Rad O dreht ſich um den Zapfen l und die beiden Räder Q und R um den Zapfen m. Der Umfang von O iſt mit einer Theilung von 100 Theilen verſehen, welche ſich an dem feſtſtehenden Zeiger Z vorüberbewegt; auf Q iſt eine Theilung in 10 gleiche Theile nach der entgegengeſetzten Richtung aufgetragen und es werden auf derſelben die Theile durch den Zeiger Y beſtimmt. Da nun bei jeder Umdrehung der Flügelwelle das Zahnrad O um einen Zahn vorrückt und R ſich nach zehn Umdrehungen von O einmal herumgedreht hat, ſo wird die Eintheilung von O die Einer und Zehner der Umdrehungszahl, die von R die Hunderter beſtimmen. Hat ſich nun R einmal herumgedreht, ſind alſo 100 Zähne deſſelben an dem Getriebe P vorübergegangen, ſo müſſen auch 100 Zähne von Q an demſelben vorübergegangen ſein, Q hat aber nur 99 Zähne, es hat ſich daher ein Zahn Mal und um den Winkel eines Zahnes herumgedreht, d. h. es hat ſich gegen R um einen Zahn oder um $^1/_{100}$ eine vollen Umdrehung von R verſchoben. Wird aber auf der Seite von R, welche dem Rade Q zugewendet iſt, eine 100theilige Eintheilung aufgetragen und an einem beliebigen Punkte von Q, etwa bei n, ein

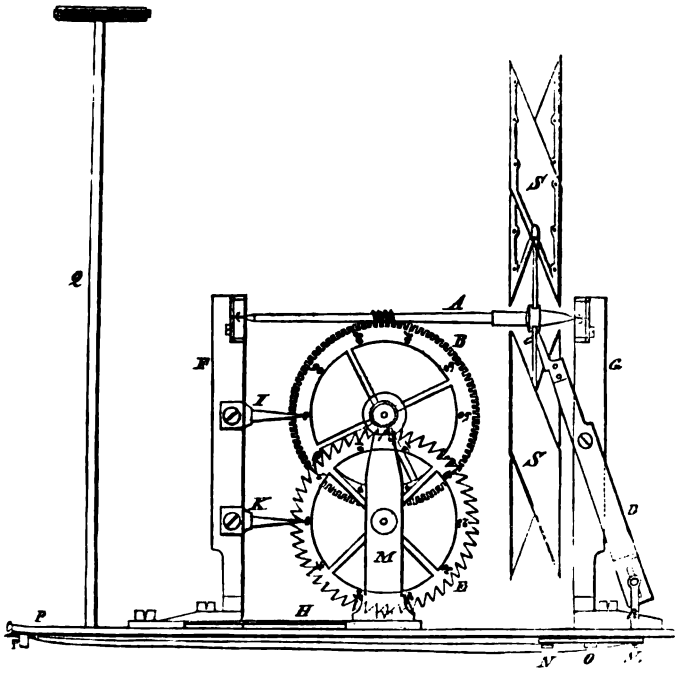
Zeiger angebracht, ſo werden durch n die Tauſende und Zehntauſende der Umdre hungszahl beſtimmt werden und die drei Räder O, Q und R kommen erſt nac 100000 Umdrehungen der Flügelwelle H wieder in eine vollkommen gleiche Stel lung zu einander. Soll das Inſtrument nicht zum Zählen der Umdrehungen i einer längeren Zeit angewendet werden, ſo kann das Rad Q ganz wegfallen. Um d Zählapparat mit der Flügelwelle verbinden oder von derſelben trennen zu könne ſind die beiden Zapfen m und l an dem Stege S befeſtigt, welcher ſeinen Drehungs punkt in o hat, mit dem entgegengeſetzten Ende durch A hindurchgeht und mit de Drahte p verbunden iſt, welcher nach dem ringförmigen Hebel T führt; der letzte umſchließt die Hülſe D, hat zu beiden Seiten derſelben bei s ſeine Drehpunkte u iſt mit der Schnur q verbunden, welche zu dem Standpunkte des Beobachters herum geht und nach Erfordern um die Rolle U an der unten mit der Preßſchraube W f feſtigten Hülſe V herumgezogen werden kann. Iſt die Schnur angezogen, ſo befind ſich der Zählapparat im Eingriff mit der Schraube N, und damit die Zähne von nicht gegen H drücken, iſt die Höhe, bis zu welcher S gehoben werden kann, durch d Höhe des Ausſchnittes, in welchem ſich der Kopf von S bewegt, begrenzt; wird d Schnur nachgelaſſen, ſo drückt die Feder X den Steg zurück, die Zähne von O komm außer Angriff mit der Schraube N, und der Zählapparat ſteht augenblicklich ſti da die unteren Zähne von O in ein auf A befeſtigtes Sammtſtück treffen. St und Feder ſind in Fig. IV. deutlich zu ſehen, dagegen iſt in Fig. I. die theilwe ſichtbare Feder und in Fig. II. Feder und Steg nicht mit abgebildet.

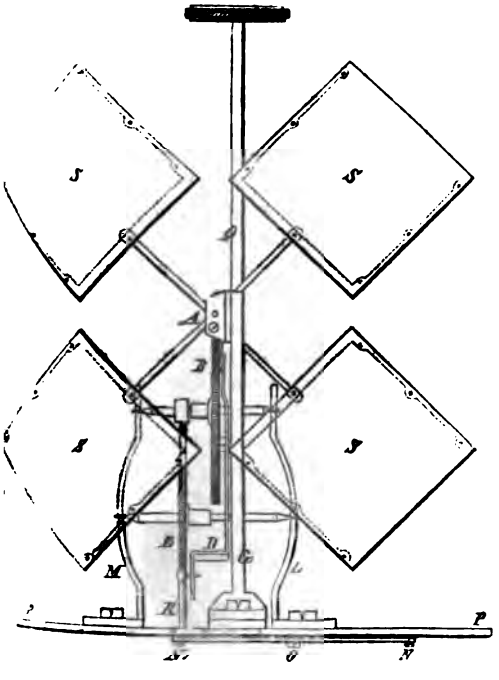
Vermöge der Einrichtung des Kopfes d laſſen ſich Flügel von verſchiede Form und Armlänge mit der Flügelwelle verbinden, und es läßt ſich außerd noch ein dreiflügeliges leichtes Windrad anſchieben, bei welchem die Flügel Q drate von 1,14″ preuß. Seitenlänge ſind, deren Mittelpunkte ſich in einer Entf nung von 1,295″ von der Umdrehungsaxe befinden, und welche ebenfalls in j liebige Neigung gegen den Wind gebracht werden können. Die Flügel ſind ähnl wie die auf der gegenüberſtehenden Seite abgebildeten aus leichten Meſſinggeſtel und dazwiſchen eingenieteten dünnen Platten von Marienglas gebildet, um die n thige Leichtigkeit und Steifheit zu erhalten, und ſind an ſtählernen Armen befeſti

Soll mit dem Inſtrumente beobachtet werden, ſo wird es mit ausgerück Zählapparate, deſſen Stand vorher anzumerken iſt, in den Wind gebracht, und n dem die Flügel ihre ſtetige Bewegung angenommen haben, wird beim Eintritt ei neuen Minute durch Anziehen und Feſthalten der Schnur der Zählapparat ein rückt und nach Verlauf von 1, 2 oder 3 Minuten wieder ausgerückt; nimmt n nun den Stand des Zählapparates ab und beſtimmt die Differenz zwiſchen d erſten und dem ſpätern Stande, ſo giebt dieſe die Anzahl der Umdrehungen Flügelwelle an, durch welche unter der Vorausſetzung, daß zu jeder Umdreh gleich viel Zeit erfordert wurde, nach der ſpäter anzugebenden Formel die mitt Windgeſchwindigkeit während der Beobachtungszeit gefunden wird.

Der Woltmann'ſche Flügel von Combes*) iſt in nachſtehenden drei Ab dungen in Seitenanſicht, vorderer und oberer Anſicht abgebildet. Er beſteht einem Windrad mit vier quadratiſchen Flügeln S, welche 0,0225^{m} Seite haben, einem leichten mit Flittergold bezogenen Meſſinggeſtell beſtehen und mit ihren Mi

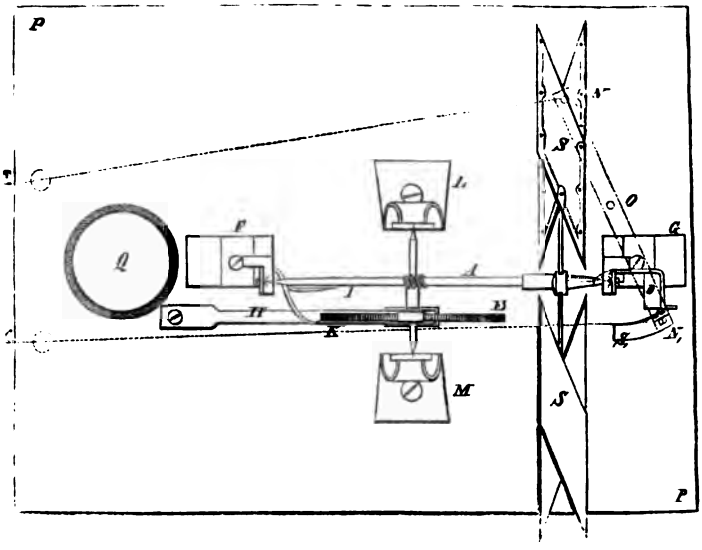
*) Annales des Mines 1838. T. XIII. p. 103. — Allg. Maſch.-Encycl. Bd. I. S.





punkten 0,02625^{m} von der Umdrehungsaxe abſtehen. Die in zwei Stahlſpitzen ausgezogene Axe A dreht ſich in zwei Achathütchen, welche an den Säulen F und G angebracht ſind, und iſt mit einer Schraube verſehen, welche in das hundertzähnige Rad B eingreift; in der Welle von B iſt ein Stift, welcher über dem Rade E mit 50 Steigradzähnen ſteht und bei jeder Umdrehung von B einen Zahn von E fortſchiebt. Damit aber das Rad dann ſtehen bleibt, iſt unter demſelben die ſehr leicht bewegliche Feder H mit einem an ihrem Ende befindlichen kegelförmigen Anſatze ange-

bracht, welche auf das Rad E als Sperrkegel wirkt. Die Wellen beider Räder
und E ruhen in den Trägern L und M, und an F ſind die beiden Zeiger I und

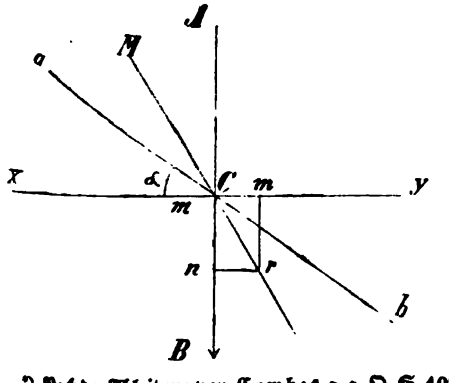


für beide Räder angeſchraubt, die auf der von 1—100 gehenden Theilung
B die Einer und Zehner, auf der von 1—50 gehenden Theilung von E aber
Hunderte der Umdrehungen der Flügelwelle A angeben. Die geſammten Trä
ſind auf der Bodenplatte P P angeſchraubt, mit welcher der Stab Q verbun
iſt, welcher zum Tragen der Vorrichtung und zum Einſetzen und Feſthalten
einem Kaſten dient. An der Säule G hat der Hebel D in einem Zapfen ſei
Drehungspunkt; dieſer Hebel fällt unweit der Axe in die Arme des Flügelrades
ſeinem oberen Ende ein, während ſein unteres Ende mit einem Schlitz verſehen
in welchem ein Stift von R aus hineinragt; R ſelbſt aber befindet ſich ſenkrecht
dem einen Ende des Hebels $N N_1$, welcher unter der Platte P liegt und bei O ſei
Drehungspunkt hat, bei N aber mit der Schnur T und bei N_1 mit der Schnur C verb
den iſt. Um die Verbindung zwiſchen D und $N N_1$ möglich zu machen, hat P an
entſprechenden Stelle eine bogenförmige Oeffnung, durch welche R hindurchg
Durch Anziehen der Schnur C wird die Sperrung D aus dem Flügelapparate
rückt und die Flügel ſelbſt dem Einfluſſe des Windes überlaſſen; durch Anzie
der Schnur T dagegen wird die Sperrung D zwiſchen die Flügelarme eingelegt
die etwa ſtattfindende Bewegung der Flügelwelle plötzlich gehemmt. Bei der Be
achtung ſind zuerſt die beiden Zeiger auf 0 zu ſtellen, durch Anziehen von T
Sperrung D einzulegen und das Inſtrument dem ungeſtörten Winde darzubie
Wird nun mit einer eintretenden Minute C angezogen, ſo wird ſich A zu dre
anfangen, und wenn dann nach zwei oder drei Minuten C angezogen und die U
drehung plötzlich unterbrochen wird, ſo giebt der Zählapparat die Anzahl der
der Zwiſchenzeit gemachten Umdrehungen an.

Nach der Originaleinrichtung von Woltmann iſt die ſtählerne Flügel
14 Zoll lang, an den Ruthen $^1/_2$, am andern Ende $^1/_3$" ſtark und an den Rut

mit einem Einschnitte versehen, bei welchem sie mit einem $^1/_3$—$^1/_6$″ starken Zapfen auf einer kupfernen Gabel läuft, während sich die am anderen Ende befindliche Spitze gegen ein kupfernes Lager im Gestelle stemmt. Die Ruthen sind von Stahl, an der Axe 2—2,5‴, am Flugbrete 1‴ stark und auf einem vierkantigen Zapfen der Axe mit einer Schraube befestigt. Die vier Flugbreter sind von hartem Holze, glatt polirt, nach allen Seiten scharf, in der Mitte aber mit einer anlaufenden Stärke versehen und dort angebohrt und auf die Ruthen gesteckt; sie sind 2,5″ breit und 5″ lang und stehen unter einem Winkel von $48^1/_2{}^0$ gegen den Wind; der Mittelpunkt der Flugbreter steht 19,1″ von der Axe der Welle ab. Der Schwerpunkt der ganzen Flügelwelle liegt da, wo dieselbe auf der kupfernen Gabel läuft; Axe und Ruthen zusammen wiegen 30—36 Loth. Die Schraube an der Flügelwelle greift in ein hundertzähniges Messingrad von etwa 6″ Durchmesser, welches auf einem mit einem Faden beweglichen Stege so aufruht, daß es beim Heben des Steges von der Schraube gedreht wird, beim Niederlassen aber, wo der Steg durch sein eigenes Gewicht sinkt, in einen am Gestelle angesetzten Zahn einsinkt, welcher, indem er sich zwischen zwei Radzähne einlegt, ein weiteres Fortdrehen unmöglich macht und zugleich als Inder dient. Zwischen der höchsten und tiefsten Stellung des Steges giebt es noch eine mittlere, in welcher das Zahnrad weder die Schraube noch den Inder berührt und daher so gestellt werden kann, daß eine jede Beobachtung mit 0 beginnt.

Was nun den zur Ermittlung der eigentlichen Windgeschwindigkeit so nöthigen Zusammenhang zwischen Umdrehungszahl und Größe des dabei vom Winde zurückgelegten Weges betrifft, so suchte Woltmann durch Berechnung von Versuchen in Luft und Wasser den Winkel ($48^1/_2{}^0$) zu bestimmen, unter welchem die Flugbreter gegen den Wind gestellt werden müssen, damit der Mittelpunkt des Stoßes bei diesen Flugbretern einen Weg durchläuft, welcher dem vom Winde zurückgelegten Wege vollkommen gleich ist; allein da eine Proportionalität der Umläufe mit der Windgeschwindigkeit hauptsächlich wegen des mit der Einrichtung des Instrumentes verbundenen constanten Widerstandes nicht stattfinden kann, so scheint die Auffindung dieses Winkels zwecklos und Woltmann selbst mußte noch eine Correction wegen der Reibung anbringen. Es läßt sich für jeden Neigungswinkel des Flügels der Zusammenhang zwischen Umdrehungszahl und Windgeschwindigkeit durch eine einfache Formel darstellen, deren Gestalt sich nach dem Gesetze der Einwirkung einer bewegten Flüssigkeit auf eine ebenfalls bewegliche Fläche bestimmt. Es sei*) a b der Durchschnitt einer ebenen, in der Richtung Y X beweglichen Fläche,



welche gegen diese Richtung unter dem Winkel a C X = α geneigt und in der Richtung A B senkrecht auf X Y dem Stoße einer bewegten Flüssigkeit ausgesetzt ist, durch den sie sich gleichförmig von C nach X zu fortbewegt. Die Geschwindigkeit dieser ausweichenden Bewegung sei nach Größe und Richtung C m = u, die der stoßenden Flüssigkeit C n = v. Wird nun C m$_1$

*) Nach der Ableitung von Combes a. a. O. S. 108. Aus Masch.-Enc. Bd. I. S. 239 f.

auf CY = Cm gemacht und das Parallelogramm Cm_1 rn gezogen, so drückt Cr = U nach Größe und Richtung die relative Geschwindigkeit der stoßenden Flüssigkeit gegen die als ruhend gedachte Ebene aus. Nimmt man an, daß der Normaldruck einer Flüssigkeit, welche schief gegen eine Ebene stößt, der Größe der gestoßenen Fläche, dem Quadrate des senkrecht gegen die Fläche gerichteten Theiles der Geschwindigkeit und der Dichtigkeit der stoßenden Flüssigkeit proportional ist, und bezeichnet man diesen Druck mit J, den Flächenraum der gestoßenen Fläche mit a, das Gewicht der Cubikeinheit der Flüssigkeit mit p und den Fallraum in der ersten Zeitsecunde mit g, so ist

$$J = k \frac{ap}{2g} (U \sin M\,Ca)^2 \ldots (I),$$

wo k einen Coefficienten bezeichnet, welcher nach der Größe der gestoßenen Fläche veränderlich ist. Aber es ist $U^2 = v^2 + u^2$, MCa = MCX — α und in dem rechtwinkeligen Dreiecke m_1 Cr ist:

$$\sin m_1\,Cr = \sin MCX = \frac{m_1 r}{Cr} = \frac{v}{\sqrt{v^2 + u^2}}$$

und $\sin m_1 r C = \cos MCX = \frac{Cm_1}{Cr} = \frac{u}{\sqrt{v^2 + u^2}}$,

daher auch

$$\sin MCa = \sin (MCX - \alpha) = \sin MCX \cos \alpha - \cos MCX \sin \alpha = \frac{v \cos \alpha - u \sin \alpha}{\sqrt{v^2 + u^2}}.$$

Werden nun die Werthe von U und sin MCa in Nr. I eingesetzt, so wird

$$J = k \frac{ap}{2g} (v \cos \alpha - u \sin \alpha)^2.$$

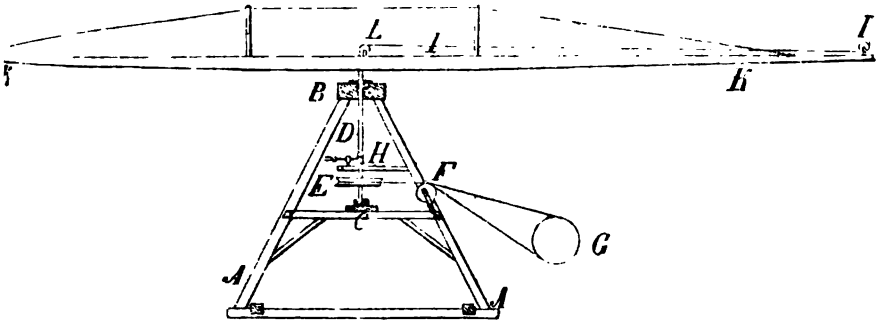
Da sich nun die gestoßene Fläche mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt, so muß der Theil des Druckes J, welcher in die Bewegungsrichtung der Fläche fällt, ebenso groß als der Widerstand sein, den die Fläche bei ihrer Bewegung findet; ist R dieser Widerstand, ebenfalls nach der Bewegungsrichtung von ab bestimmt, so wird für den Beharrungszustand der Vorrichtung $R = J \sin \alpha$ sein müssen, daher

$$R = k \frac{ap}{2g} (v \cos \alpha - u \sin \alpha)^2 \sin \alpha \text{ und } v = u \operatorname{tang} \alpha \pm \sqrt{\frac{2gR}{kap \sin \alpha \cos \alpha^2}} \quad (II),$$

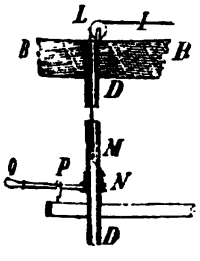
wo nur das positive Zeichen gelten kann, da $v > u \operatorname{tang} \alpha$ sein muß, wenn sich die Fläche von C nach X bewegen soll. Da sich nun die Bewegung der Stoßfläche eines Flügels, welche in jedem Augenblicke nach der Tangente des von dem Flügel beschriebenen Kreises gerichtet ist, bei dem Woltmann'schen Anemometer vollkommen so betrachten läßt, wie die Bewegung jener Fläche ab, so wird auch die Gleichung II auf das Instrument bezogen werden können, und dann ist R ein von den beiden Geschwindigkeiten u und v unabhängiger Widerstand, welcher durch die Reibung der beweglichen Theile des Instrumentes bestimmt wird; α ist der bei einer bestimmten Einrichtung constante Winkel, welchen die Stoßflächen der Flügel mit der Ebene bilden, in der sich die Windruthen drehen, und u ist der Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle in der Secunde = n proportional. Hiernach wird der Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle durch die höchst einfache Gleichung ausgedrückt: $v = a + bn$, in

welcher a und b zwei numerische Coefficienten sind, von denen der erste von der Neigung der Flügel, von der Größe des Reibungswiderstandes im Instrumente, von der Dichtigkeit der stoßenden Flüssigkeit und von der Größe der Stoßfläche, der zweite dagegen nur von der Neigung des Flügel gegen die Bewegungsebene oder gegen die Windrichtung abhängig ist. Beide Coefficienten sind durch Versuche für jedes einzelne Instrument zu bestimmen. Bei diesen Versuchen könnte man einen künstlichen Windstrom gegen das Instrument richten und die entsprechenden Angaben des Instrumentes anmerken. Leichter aber ist es, das Instrument mit der erforderlichen Geschwindigkeit gegen die ruhende Luft zu bewegen. Hiezu kann man sich eines Drehapparates bedienen, wie er schon von Smeaton*) und von Zeiher**) angewendet wurde. Fig. I. und II. stellen die Drehvorrich-

I.



II.



tung vor, durch welche für den Windmesser von Hülsse die Coefficienten bestimmt wurden. A ist ein Gestell, dessen Gestalt und Höhe durch die Localität bedingt waren, in welcher die Versuche vorgenommen werden sollten. Es war dies nämlich das Innere einer runden Thurmes, in welchem keine Ursache zu einer störenden Luftströmung vorhanden war, wo sich aber am Boden einige Gegenstände befanden, welche das Gestell überragen mußte. Durch die Deckpfoste B des Gestelles hindurch und mit einem Zapfen auf dem Lager C ruhend, geht das Rohr D, welches oben mit dem Schwunghebel K K verbunden ist, dessen geradlinige Lage durch darüber gespannten Draht gesichert wird. An dem einen Ende dieses Hebels ist der Woltmann'sche Flügel so aufgestellt, daß er sich bei Umdrehung von K K gegen die ruhende Luft bewegt, an dem anderen Ende ein Gegengewicht. An D befindet sich bei E eine Rolle, um welche eine endlose Schnur gelegt ist, die über die beiden Leitrollen F F nach G geht und die drehende Bewegung, welche auf G durch eine Kurbel übertragen wird, auf E und den Hebel K K fortpflanzt. Von dem Anstrichhebel (T in Fig. I. S. 200) des Instrumentes aus ist die Darmsaite l über die

*) Phil. Transact. Vol. LI. P. I. p. 138.
**) Nov. Comm. Petrop. Vol. X. p. 302.

Rolle L in das Innere der Röhre D hineingeführt, mit dem Ende durch den Schlit
M gezogen und an den Schieber N (Fig. II.) geknüpft, welcher über D geſchoben i
und eine umlaufende Spur führt, in der das eine Ende des Hebels P ſich befindet
während das andere O mit einem Handgriff verſehen iſt. Wird O niedergedrück
ſo hebt ſich N, die Darmſaite läßt nach und der Zählapparat am Windmeſſer i
nicht eingerückt; wird dagegen O gehoben, ſo wird N heruntergezogen, die Darm
ſaite I geſpannt und der Zählapparat an die Flügelwelle angerückt. Der Halb
meſſer des Kreiſes, in welchem ſich der Mittelpunkt des Kopfes der Flügelwell
drehte, betrug 14',314 preuß., folglich der Weg des Inſtrumentes bei einer Um
drehung von D 89',94. Wird nun der Hebel I möglichſt gleichförmig herumg
dreht und, wenn das Inſtrument bei einem Punkte in der Umgebung vorübergeh
die Zeit beobachtet und der Zählapparat eingerückt, und dieſer ſo lange eingerüc
gehalten, bis etwa 5 oder 10 Umdrehungen von K erfolgt ſind, dann aber wied
die Zeit beobachtet und der Zählapparat ausgerückt, ſo läßt ſich aus dem Geſamm
wege des Inſtrumentes und der beobachteten Zeit die Geſchwindigkeit deſſelben u
durch Vergleichung der Angaben des Zählapparates vor und nach der Beobachtu
die geſammten Umdrehungen, folglich auch die Umdrehungen während einer Zei
ſecunde finden; man hat alſo zwei zuſammengehörende Werthe von v und n, a
welchen allerdings in der Gleichung $v = a + bn$ die beiden zu beſtimmend
Größen a und b noch nicht gefunden werden können; macht man aber bei mögli
verſchiedenen Umdrehungsgeſchwindigkeiten dieſelben Verſuche, ſo erhält man ei
Anzahl zuſammengehöriger Werthe von v und n, aus denen nach der Methode d
kleinſten Quadrate die wahrſcheinlichſten Werthe für a und b abgeleitet werd
können. Bezeichnet man nämlich die verſchiedenen durch die Verſuche ermittelt
zuſammengehörenden Werthe von v und n mit v_1 und n_1; v_2 und n_2; v_3 und n_3
die Anzahl der gemachten Beobachtungen mit m, ſo hat man a und b aus den b
den Gleichungen:

$$a\,m + b\,\Sigma n = \Sigma v,$$
$$a\,\Sigma n + b\,\Sigma n^2 = \Sigma nv$$

zu beſtimmen, in welchen

$$\Sigma n = n_1 + n_2 + n_3 + \ldots,$$
$$\Sigma n^2 = n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 + \ldots,$$
$$\Sigma nv = n_1 v_1 + n_2 v_2 + n_3 v_3 + \ldots,$$
$$\Sigma v = v_1 + v_2 + v_3 + \ldots,$$

iſt. Auf dieſe Art wurde z. B. für einen Flügelapparat, bei welchem die Gr
der Stoßfläche ein Quadrat von 1,04 preuß. Zoll Seite, die Neigung gegen
Wind 60° und die Entfernung der Umdrehungsaxe von dem Mittelpunkte
Stoßfläche 4,07 Zoll betrug, die Gleichung gefunden:

$$v = 1{,}761 + 1{,}643\,n$$
$$= 1{,}761 + 0{,}0274\,N,$$

je nachdem die Umdrehungszahl für die Secunde (n) oder für die Minute (N)
ſtimmt iſt. Wie dieſe Formel die 13 Originalbeobachtungen repräſentirt, aus de
ſie als wahrſcheinlichſter Ausdruck hergeleitet iſt, mag beiſtehende Tabelle zei
in welcher zugleich die bei den Verſuchen unmittelbar erhaltenen Zahlen mit
geführt ſind, wobei nur noch bemerkt zu werden braucht, daß das Inſtrument jed
mal 10 Kreisumläufe machte, alſo bei jeder Beobachtung 899,4 Fuß zurückle
und daß der Barometerſtand 27" 10"',90 und die Temperatur 8°,2 R. betr

Beobachtet		Hieraus unmittelbar abgeleitet		Nach der Formel	Unterschied	
Dauer in Secunden	Umdrehungszahl der Flügelwelle	n	v Fuß	v Fuß	absolut Fuß	relativ
100,5	417	4,15	8,95	8,58	— 0,37	$1/23$
88	451	5,12	10,22	10,17	— 0,05	$1/203$
85	455	5,35	10,58	10,55	— 0,03	$1/352$
84	458	5,45	10,71	10,71	0,00	$1/\infty$
57	494	8,67	15,77	16,00	+ 0,23	$1/70$
54,5	497	9,12	16,50	16,75	+ 0,25	$1/67$
51	496	9,73	17,63	17,76	+ 0,13	$1/137$
41	507	12,37	21,94	22,08	+ 0,14	$1/157$
40	508	12,70	22,48	22,63	+ 0,15	$1/151$
38	508	13,37	23,67	23,73	+ 0,16	$1/149$
37	512	13,84	24,31	24,50	+ 0,19	$1/129$
35	502	14,34	25,70	25,32	— 0,38	$1/67$
33	505	15,30	27,26	26,90	— 0,36	$1/74$

Combes machte die Versuche mit seinem Windrade durch ein Uhrwerk, welches das Anemometer in einem Kreise von 1^m Halbmesser, je nach der Stellung des Gestänges, mit 0,262 bis 4,633 Meter Geschwindigkeit herumtrieb; er erhielt für eine 60° Neigung der Stoßflächen gegen den Wind die Geschwindigkeit in Fuß nach der Formel:

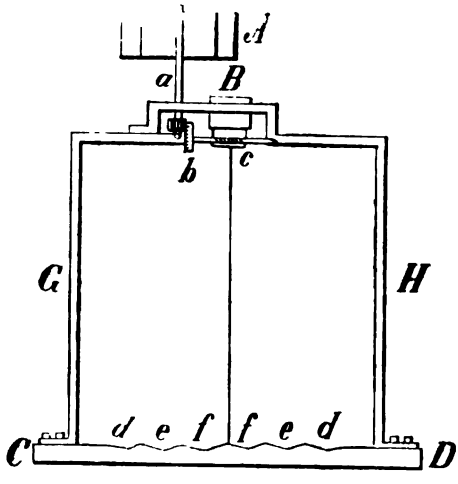
$$v = 0{,}2578 + 0{,}0916\ n$$

durch 13 Beobachtungen, deren Werthe von denen der Formel höchstens um $1/21$ abweichen.

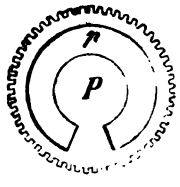
Wenn man die durch die Versuche erhaltene Formel mit der vorher aufgestellten Gleichung (II) vergleicht, so läßt sich leicht übersehen, wie an einer einmal abgeleiteten Formel Correctionen für veränderten Luftdruck und Temperatur oder für veränderte Neigungswinkel angebracht werden können. Sind nämlich die numerischen Coefficienten bei dem Barometerstande h und Thermometerstande t bestimmt worden, und soll die Formel für Versuche bei dem Luftdruck h_1 und der Temperatur t_1 benutzt werden, so wird sich nach (II) der Coefficient b nicht ändern können, und in a ist nur statt p zu setzen p_1, d. h. das Gewicht der Cubikeinheit Luft für h_1 und t_1, oder es ist der frühere Werth von a mit $\frac{p}{p_1}$ zu multipliciren. — Um wegen die Formel für einen andern Neigungswinkel umzugestalten, ist zuerst dadurch, daß man n mit dem von dem Stoßpunkte bei einer Flügelumdrehung beschriebenen Wege multiplicirt, u statt n in die Gleichung (II) einzuführen und dann wohl a als b durch Substituirung von a_1 statt a umzuändern.

Allerdings wird sich a mit fortschreitender Abnutzung des Instrumentes oder durch frischem Einölen oder durch sich auflegenden Staub ändern; es ist aber immer durch einen einfachen Versuch möglich, den wahren Werth von a in jedem einzelnen Falle herzustellen.

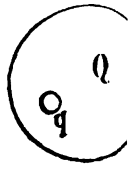
Um des eigenthümlichen und ſehr beachtenswerthen Princips willen, a welchem es begründet iſt, erwähne ich das Anemometer von Forbes*), welch übrigens, wie richtig auch ſeine Theorie iſt, doch ſo viele praktiſche Mängel hat, d es in ſeiner vorliegenden Geſtalt kaum irgend brauchbare Reſultate geben dürf Ein frei fallender Körper wird von ſeiner Bahn (der lothrechten Linie) deſto wei abgelenkt, je ſchneller der Luftſtrom iſt, welchen er auf ſeinem Wege zu durchmeſ genöthigt iſt. Dies iſt das Princip des Forbes'ſchen Inſtrumentes, welches ſ alſo zunächſt an diejenigen Inſtrumente anſchließt, bei denen ein unter dem Ei fluſſe der Schwere ſtehendes Pendel durch den Druck des Windes aus ſeiner St lung gebracht wird. Es iſt daſſelbe aber auch mit einem Flügelapparat aus ſtattet. Die beifolgenden Zeichnungen werden das Inſtrument erläutern. D



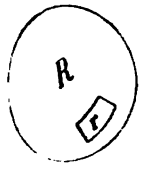
flache Grundplatte CD trägt v eiſerne Säulchen H und G, wel nur ſo ſtark ſind, daß ſie rechtw kelig gegen die in der Figur ab bildete Fläche den gehörigen W derſtand leiſten können; auf d ſelben befindet ſich eine Deckpla welche das Windrad A hält, welchem zugleich ein halbcylind förmiger, mit der Fahne verbun ner Mantel ſich bewegt, durch w chen bewirkt wird, daß nur imm die eine Hälfte dieſes Windra dem Windſtoße dargeboten w und daß ſich daſſelbe ſtets i einer Richtung umdreht. der Windradaxe befindet ſich Getriebe a, welches in das Z rad b an der Welle c eingre letztere führt eine Schraube und ſetzt mit derſelben das gezahnte Rad P in la ſame Kreisbewegung. Das Rad P iſt mit einem ringförmigen Ausſchnitte p ſehen und befindet ſich unter dem Boden Q der Büchſe B



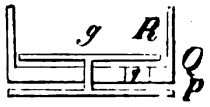
einer Are, die durch den Boden drehbar hindurchgeht und oberhalb mit der Scheibe R im Innern der Büchſe verbunden iſt, welche gerade über dem Punkte, wo P nicht ausgeſchnitten iſt, den Ausſchnitt r enthält. Mit dieſen Ausſchnitten correſpondirend iſt der Boden Q mit einer runden Oeffnung q verſehen. Befindet ſich nun die Büchſe B voll kleiner Kugeln, deren Durchmeſſer der Dicke von Q ſpricht, ſo wird bei fortgeſetzter Umdrehung des Zahnrades P eine Kugel dur nach q fallen, ſobald r über q tritt, und durch P zurückgehalten werden, dann, wenn der maſſive Theil von R über q und der ausgeſchnittene Theil v



*) Brewster, Edinb. Journ. of Science N. S. Vol. II. p. 31. — Maſch.-Er Bd. I. S. 244.



unter q tritt, durch P hindurchfallen; dieser Vorgang wird sich bei jeder Umdrehung von P einmal wiederholen, und es werden daher, wenn P von dem Windrade nach Verhältniß der Windgeschwindigkeit gedreht wird, bei stärkerem Winde mehr, bei schwächerem weniger Kugeln aus der Büchse B herabfallen. Sollten die Kugeln



in gleichen Zeiträumen niederfallen, so müßte P mit einem Uhrwerke statt mit dem Windrade verbunden werden, und es wäre dann jedenfalls zweckmäßiger, die Ordnung, in welcher die Kugeln fallen, durch aufgeschriebene Nummern zu bezeichnen, wobei natürlich die Büchse B eine größere Länge und einen Durchmesser haben müßte, welcher unbedeutend größer als der der Kugeln ist. Die herunterfallenden Kugeln werden durch den von der Seite wehenden Wind von der verticalen Richtung abgelenkt und fallen in verschiedener Richtung und verschiedener Entfernung von dem Mittelpunkte auf die Grundplatte C D auf; damit sie aber ziemlich an dem Orte, auf welchen sie auftreffen, liegen bleiben und so Windkraft und Windrichtung fixiren, ist die Platte C D mit concentrischen Fugen d d, e e, f f u. s. w. versehen, welche durch ähnliche radiale Unterschiede in acht Sectoren getheilt werden. Ist die Platte nach den Himmelsgegenden gehörig orientirt, so giebt der Sector, in welchem eine Kugel liegt, die im Augenblicke des Fallens stattfindende Windrichtung, die Furche angenähert die in demselben Augenblicke stattfindende Windstärke an, welche zugleich bei der hier abgebildeten Einrichtung aus der Häufigkeit des Kugelfalles geschlossen werden kann.

Wie aus der Größe der Ablenkung auf die Windgeschwindigkeit geschlossen werden kann, wird von Forbes durch eine längere Ableitung gezeigt, als deren Resultat für englisches Maß und Gewicht die Formel gilt:

$$S = \frac{v\sqrt{h}}{g} \cdot \frac{75060\ w}{g d^2} \cdot \log nat \frac{75060\ w + d^2 v \sqrt{gh}}{75060\ w},$$

in welcher S die horizontale Ablenkung, v die Windgeschwindigkeit, h die Fallhöhe, g der Fallraum in der ersten Zeitsecunde, d der Durchmesser (in Zollen) und w das Gewicht der fallenden Kugel ist. Er findet, daß eine Kugel von $^1/_3$ Z. Durchmesser, welche das specifische Gewicht = 1 besitzt und durch eine Höhe von 4 Fuß fällt, von einem Winde mit 40 Fuß Geschwindigkeit um 3,984 Fuß abgelenkt wird, während eine Kugel von $^2/_3$ Z. Durchmesser und einem specifischen Gewichte = 2 bei einer Windgeschwindigkeit von 20—40—60 Fuß um 0,620—2,268—4,800 Fuß abgelenkt wird. Daß nun bei anzustellenden Versuchen für verschiedene Werthe von v die entsprechenden von S berechnet und tabellarisch aufgestellt sein müßten, ergiebt sich von selbst. Es ist übrigens, die Bequemlichkeit des Verfahrens ganz bei Seite gesetzt, sehr zu bezweifeln, ob das Anemometer von Forbes Anspruch auf eine größere Genauigkeit haben kann, als der richtig behandelte Boltmann'sche Flügel, wenn auch bei ersterem alle Hindernisse durch Zwischentheile vermieden sind. (Hülsse a. a. O.)

Auch die Abkühlung, welche ein Luftstrom bewirkt, hat man zu anemoskopischen und anemometrischen Bestimmungen zu benutzen gesucht. Es sind dies Versuche zur wissenschaftlichen Vervollkommnung des oben (S. 179) erwähnten Experimentes mit dem befeuchteten Finger, welche besonders insofern Beachtung ver-

dienen, als ſie namentlich die Richtung ſchwacher Luftſtrömungen zu beſtimmen die nen können, welche durch die meiſten der bisher beſchriebenen Anemometer nich angegeben werden, weil für ſie die Apparate zu ſchwerfällig ſind. Foſter*) ſchlug vor, einen ſechsſeitigen Kaſten herzuſtellen, in die einzelnen Seiten deſſelbe runde Löcher zu ſchneiden und dieſelben mit Fließpapier zu überkleben. Das Pa pier wird vor der Beobachtung benetzt, und dann zugeſehen, welches Papier an ſchnellſten trocknet; die Seite, an welcher das zuerſt getrocknete Papier ſich befindet entſpricht der Richtung, aus welcher die Luft zuſtrömt. Das Inſtrument iſt rohe und unzuverläſſiger als der benetzte, in die Luft gehaltene Finger. Brewſte bemerkt dazu, daß es zu genaueren Reſultaten führen würde, wenn man ſtatt de Fließpapiers Thermometer anbrächte, welche mit naſſem Papier überzogen wären auch wohl durch eine leicht anzubringende Vorrichtung fortwährend benetzt erhalte würden. Könnte man den Feuchtigkeitszuſtand der Luft mit derſelben Leichtigkeit wie die Temperatur derſelben beſtimmen, ſo könnte man auf ſolche Weiſe allerding ein eigentliches Anemometer herſtellen, denn von der Feuchtigkeit, der Temperatu und der Geſchwindigkeit der Bewegung des Luftſtromes hängt es allerdings ab wie groß die Verdunſtung an dem mit einem feuchten Körper verbundenen Ther mometer und wie groß alſo auch die durch die Verdunſtung erzeugte Abkühlun und das Sinken des Thermometers iſt.

Hierher gehört auch das Leslie'ſche Thermo-Anemometer**). Das ſelbe beſteht aus einem Alkohol-Thermometer, welches eine wenigſtens $^1/_2$ Zoll in Durchmeſſer haltende Kugel und eine verſtellbare Scale hat. Daſſelbe wird mi der Hand erwärmt und dann die Zeit beſtimmt, während welcher es bis zu ſeine früheren Temperatur in ruhender Luft abkühlt. Dann erwärmt man es nochmal in der Hand und ſetzt es der bewegten Luft aus. Man beſtimmt abermals die Zeit welche vergeht, bis es zu dem urſprünglichen Stande zurückkehrt. Hierauf berechne man den Quotienten aus beiden Zeitbeſtimmungen, zieht 1 ab und multiplicirt das Reſultat mit $4^1/_2$, ſo ſoll man die Geſchwindigkeit des Windes in engl. Mei len erhalten. Die Unzuverläſſigkeit dieſer Berechnung nach den ſo vielen Zufällig keiten ausgeſetzten Beobachtungen liegt auf der Hand.

Endlich hat man auch noch die Töne, welche der Wind unter Umſtänden j nach ſeiner größeren oder geringeren Geſchwindigkeit erzeugt, zu anemometriſche Vorrichtungen zu benutzen vorgeſchlagen. Leupold***) hat vorgeſchlagen, den Winde eine Pfeife entgegenzuſtellen, deren Höhe oder Tiefe des Tones die Ge ſchwindigkeit des Windes erkennen laſſen ſoll. Da man mit Hülfe einer Aeols harfe (ſ. d. Art.) leicht und ſcharf beſtimmen kann, welche Geſchwindigkeit de Luftbewegung einem beſtimmten Tone derſelben entſpricht, ſo ließe ſich allerding an einem ſolchen dem Winde ſtets unter demſelben Winkel entgegenzuſtellenden In ſtrumente die Geſchwindigkeit des Windes aus dem Tone erkennen.

Das Beobachten eines Inſtrumentes wie das Anemoſkop und das Anemometer welches unter dem Einfluſſe einer fortwährend in ihrer Richtung und Intenſität ſich verändernden Kraft ſteht, iſt beſchwerlich und vielen Irrungen ausgeſetzt, wenn

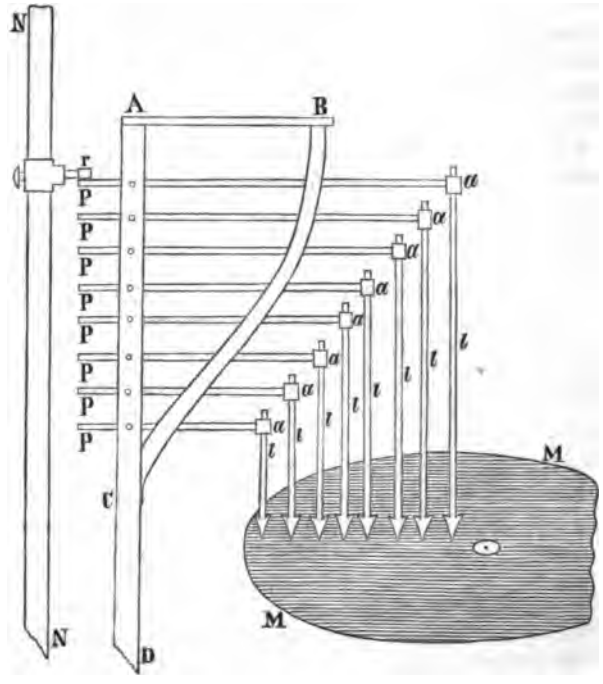
*) Edinb. Journ. of Science. No. XVII. p. 167.
**) Rees, Encycl. Vol. XXXVIII. Art. Wind-gage.
***) Theatr. aerostat. cap. X. §. 122. 133.

es längere Zeit fortgeſetzt werden ſoll. Und doch iſt dies letztere nöthig, um ein vollſtändig klares Bild von dem atmoſphäriſchen Vorgange zu erlangen, um welchen es ſich handelt. Daher iſt man wie beim Barometer und Thermometer darauf bedacht geweſen, Inſtrumente zu erſinnen, welche die unausgeſetzte Beobachtung überflüſſig machen und doch als Reſultat ein Bild des ganzen Vorganges geben, wie es nur aus einer allſeitigen und unausgeſetzten Beobachtung ſich ergeben kann. Man hat dieſe ſelbſtregiſtrirenden Inſtrumente zur Beobachtung des Windes Anemographen genannt (v. d. griech. ἄνεμος, Wind, und γράφειν, ſchreiben, aufzeichnen). Dieſelben ſind entweder nur darauf eingerichtet, daß ſie die wechſelnden Windrichtungen ſelbſt aufzeichnen: ſelbſtregiſtrirende Anemoſkope, oder ſie geben auch ein Bild der wechſelnden Intenſität des Windes: ſelbſtregiſtrirende Anemometer, auch Anemometrographen genannt.

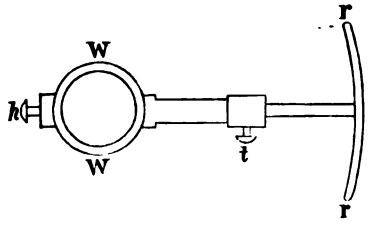
Von dieſen Inſtrumenten gilt im Allgemeinen, was man auch von andern ſelbſtregiſtrirenden Inſtrumenten ſagen muß: was man an Bequemlichkeit und Ueberſichtlichkeit gewinnt, geht an Genauigkeit und Zuverläſſigkeit verloren. Der Gang dieſer, der Natur der Sache nach mehr oder weniger zuſammengeſetzten Inſtrumente ſelbſt müßte wieder ſorgfältig überwacht werden, wenn ihre Leiſtungen ganz zuverläſſig ſein ſollten, und je complicirter ein Inſtrument iſt, das die Einflüſſe einer Naturgewalt ſelbſt regiſtriren ſoll, deſto leichter iſt es hemmenden und ſtörenden Einflüſſen bloßgeſtellt. Iſt man nun ſchon bei den Anemometern auf ſolche Schwierigkeiten geſtoßen, daß ein Inſtrument, welches zugleich einfach und genau wäre und vergleichbare Beſtimmungen über die Stärke des Windes und auch genaue Beſtimmungen ſeiner Richtung gäbe, noch nicht hat erfunden werden können; ſo haben die Anemographen noch viel größere Schwierigkeiten zu überwinden. Bei einigen der bereits erwähnten Inſtrumente iſt die Möglichkeit einer Selbſtregiſtrirung ſchon angedeutet, mehrere geben wenigſtens die Maxima der Windſtärke an. Im Nachfolgenden theile ich noch die Beſchreibungen einiger Inſtrumente mit, bei denen der Apparat der Selbſtregiſtrirung als Hauptſache anzuſehen iſt.

Das älteſte derartige Inſtrument iſt wohl dasjenige, welches Landriani *) auf ſeinem Obſervatorium in Mailand errichtete. Daſſelbe iſt nur ein ſelbſtregiſtrirendes Anemoſkop, da nur die Richtung, nicht auch die Stärke des Windes von ihm notirt wird, und auch die Richtung wird nur, ſo weit ſie durch eine Windfahne und nach 8 Gegenden der Windroſe zu charakteriſiren iſt, angegeben. Es iſt ein ziemlich einfaches und zuverläſſiges Inſtrument. Die umſtehende Zeichnung giebt die weſentlichſten Theile deſſelben an. Die Windfahne, welche in der Zeichnung weggelaſſen, iſt von gewöhnlicher Einrichtung. Dieſelbe ſitzt an einer hinlänglich langen, in das Beobachtungszimmer herabgehenden, eiſernen Stange NN, die, wie gewöhnlich, mit ihrer unteren ſtählernen Spitze leicht beweglich in einer coniſch ausgehöhlten Vertiefung einer Scheibe von Glockenſpeiſe ruht. Am unteren Theile dieſer Stange ſind für die acht Windrichtungen eigenthümlich conſtruirte Hebelarme aufgeſchraubt, deren Beſchaffenheit aus der Zeichnung im vergrößerten Maßſtabe leicht hervorgeht. Ein eiſerner Ring WW dient dazu, ſie auf die Stange zu ſchieben und bequem in die erforderliche Richtung zu bringen, wo ſie vermittelſt der Klemmſchraube h unbeweglich

*) Gothaiſches Magazin. Th. XI. S. 93. Gehler, N. A. Bd. X. S. 2168.



festgeſtellt werden. Gegenüber iſt ein hohler Cylinder angebracht, in welchen ein Stab mit einem Bogenſtücke r r geſteckt und mittelſt der Klemmſchraube t gleichfalls feſtgeſtellt wird. Dieſer horizontal liegende, an den Enden etwas aufwärts gekrümmte Bogen mißt gerade einen Octanten, und man kann ſich leicht vorſtellen, daß, wenn deren acht in einer Schraubenlinie an der eiſernen Stange in gehörigem Abſtande aufgeſteckt werden, dieſe Bogen im Ganzen

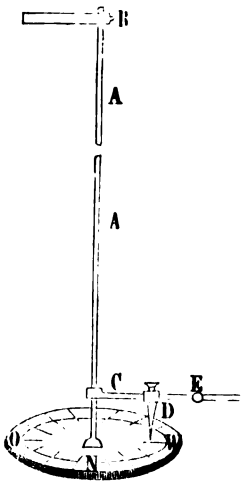


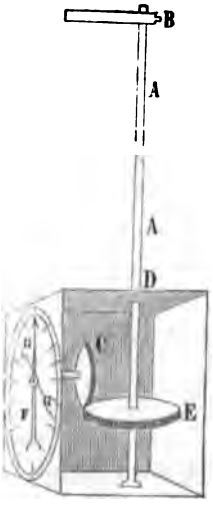
einen Kreis bilden. Jeder von ihnen gehört ſomit zu einer der acht Windrichtungen und muß durch die Drehung der Windfahne von ſelbſt dem Meßapparate des Windes gegenüber zu ſtehen kommen. Es würde überflüſſig ſein, ſie alle in ihren verſchiedenen Stellungen zu zeichnen, und es genügt vielmehr, dieſes nur bei einem zu thun. Der zum Aufzeichnen der Windrichtungen dienende Apparat beſteht aus dem Rahmen A C B, deſſen untere Stange D in einer Hülſe auf und ab verſchiebbar iſt und durch eine Klemmſchraube in der gehörigen Höhe feſtgeſtellt wird. Durch dieſen Rahmen gehen die horizontalen vierkantigen Stäbe P P P ..... mit Hülſen a a a ..... an ihren Enden, durch welche die verticalen Stäbe l l l ..... geſteckt werden, die als Träger der Zeichenſtifte dienen. Die Hülſen a a a ..... ſind entweder federnd, um dieſe Träger in beliebige Höhe feſtzuſtellen, oder Letzteres geſchieht mittelſt Klemmſchrauben, was Lan d r i a n i wählte. Die horizontalen Stäbe ſind in dem Schenkel A C des Rahmen mittelſt durchgeſteckter Stifte beweglich, ruhen aber auf ſchwachen Federn im anderen Schenkel B C, die zwar die Berührung der Zeichenſtifte mit der Glastafel nicht hindern, wohl aber ihren Druck auf dieſelbe bei allen Stäben gleich machen und hauptſächlich bei den längeren ein zu gewaltſames Auffallen verhüten. Bringt der

Wind mittelſt der Drehung der Stange NN einen der Bogen rr über das Ende P eines der Stäbe, ſo wird der kürzere Hebelarm niedergedrückt, die Zeichenſpitze außer Berührung mit der Glastafel geſetzt, und die dieſer zugehörige Windrichtung wird daher nicht gezeichnet, was ſo lange dauert, als der Bogen r den Hebelarm niederhält. Entfernt ſich der Octant von dem ihm zugehörigen Hebelarme, ſo fällt der Zeichenſtift wieder auf die Scheibe herab, gleichzeitig muß dann aber ein anderer Octant den ihm zugehörigen Hebelarm niederdrücken, wobei das Hinauf- und Herabgleiten der Octanten auf die Hebelarme leicht erfolgt, weil die erſteren an beiden Enden etwas aufgebogen ſind, ſo daß auch ein Rückgang der Windrichtung auf gleiche Weiſe mit Sicherheit bezeichnet wird. Die Tafel MM iſt kreisrund, liegt genau horizontal und kann mittelſt einer Stellſchraube herabgelaſſen, dann unter den Stiften weggezogen und gereinigt werden. Sie beſteht aus etwas dickem Spiegelglaſe und iſt auf einem Zapfen befeſtigt, welcher in einer Hülſe ſteckend mittelſt eines Uhrwerkes binnen 12 Stunden einmal herumgedreht wird, ſo daß die Scheibe ſich gleichfalls in horizontaler Ebene binnen dieſer Zeit einmal ganz herumdreht. Auf ihrer oberen Seite iſt ſie mit Schmirgel matt geſchliffen, damit auf dieſer rauhen Fläche die Zeichenſtifte ſichtbare Linien zurücklaſſen. Durch ſieben concentriſche Kreiſe iſt ſie in acht Ringe getheilt, deren jeder einer der acht Windrichtungen zugehört, die auf der Scheibe gehörig bezeichnet ſind. Außerdem iſt die Scheibe in 12 Sectoren getheilt, jeder derſelben einer Stunde zugehörig, der Bogen jedes Sectors iſt aber wieder in 30 Theile getheilt, deren jeder alſo einen Zeitabſchnitte von zwei Minuten zugehört, ſo daß man von zwei zu zwei Minuten die in jeder Stunde vorgekommene Windrichtung erkennt. Hiernach iſt die ganze Einrichtung leicht verſtändlich und es braucht kaum erinnert zu werden, daß man einen jeden der Ringe mit ihren Bogen auf der Windfahnenſtange in dieſe Stellung bringen müſſe, vermöge welcher der ihm zugehörige Stift den auf der Scheibe hiernach bezeichneten Streifen trifft. Dieſes iſt leicht zu bewerkſtelligen; denn da die Ringe in einer Schraubenlinie ganz um die Stange herumgehen, ſo darf man nur z. B. den oberſten Ring ſo ſtellen, daß bei genauem Nordwinde die Mitte ſeines Octanten den oberſten Hebelarm niederdrückt, wenn der dem Centrum der Scheibe nächſte Streif mit Nord bezeichnet iſt. Für die normale Drehung des Windes würde dann der zweite Ring der Richtung NO zugehören ꝛc., wenn die folgenden Streifen in dieſer Ordnung bis zum äußerſten für NW ebenſo bezeichnet ſind. Eine rückgängige Drehung des Windes ſchadet hierbei nichts, denn die Bogen der Octanten ſind an ihren beiden Enden etwas aufgebogen, ſo daß ſie nach jeder Seite hin über die kurzen Hebelarme fortgleiten und dieſe niederdrücken. So weit ein Strich auf der Scheibe fehlt, herrſchte während der Zeit der dieſem Streifen zugehörige Wind und das Diarium der Windrichtungen kann hiernach leicht geführt werden. Einen ähnlichen Apparat wie der von Landriani hatte Barrot*) d. Ae. angeblich ſchon früher verfertigen laſſen.

Ein anderes ſelbſtregiſtrirendes Anemoſkop, welches Traill**) um 1830 erfunden hat, beſteht in ſeiner einfachſten Geſtalt aus einer gewöhnlichen Windfahne B an einer metallenen Stange AA, die bei größerer Länge der leichteren Beweglichkeit wegen zwiſchen Frictionsrollen oder, wenn ſie kürzer iſt, in geeigneten

*) Voigt's Magazin. Bd. I. St. 2. S. 144.
**) Edinb. New philos. Journ. No. XXXV. p. 193 u. No. XLIV. p. 313.





Ringen umläuft. Am unteren Ende iſt ſie mit einem ſtählernen Kegel verſehen, welcher auf einem Feuerſtein in einer Vertiefung, wie ſich ſolche oft bei dieſen Foſſilien finden, ruhet. Letzterer wird in der Mitte eine gewöhnlichen runden Schreibſchieferplatte befeſtigt, an deren äußerem Rande die Windrichtungen eingegraben ſind. Etwa vier Zoll über dieſer Tafel iſt der horizontale Arm C befeſtigt, welcher die federnde Hülſe trägt, in welche ein Schieferzeichenſtoff eingeſetzt wird, welcher beim Drehen der Windfahne und ihrer Stange die Windrichtung aufzeichnet, und um hierbei den erforderlichen Druck zu erhalten und dieſen gehörig zu mäßigen, dient das verſchiebbare Gewicht E auf dem horizontalen Arme. Findet man es unbequem, die Windrichtung auf dieſe Weiſe kenntlich zu machen, ſo empfiehlt Traill noch eine andere. Die Stange A tritt hiernach bei D in einen Kaſten und iſt mit einem horizontalen gezahnten Rade E verſehen, deſſen Zähne in die eines zweiten vertical ſtehenden C eingreifen, und da beide gleich groß ſind, ſo werden ſie auch gleich viele Umläufe machen. Die Axe des zweiten Rades geht durch die Wandung des Kaſtens und iſt an ihrem Ende mit einem Zeiger verſehen, welcher vor einer porzellanenen Scheibe umläuft, auf deren Rande die Windrichtungen verzeichnet ſind. Anfangs verſah Traill das eine Ende dieſes Zeigers mit einer Hülſe und einem darin ſteckenden Bleiſtift, welcher auf der Porzellantafel einen feinen, aber ſehr kenntlichen Strich zog; weil ſich aber die Spitze des Stiftes abnutzte und dann nicht mehr zeichnete, ſo fand es Traill zweckmäßiger, zwei regiſtrirende Zeiger (A) anzubringen, welche die äußerſten Grenzen der vorgekommenen Windrichtungen angeben.

Zu der Claſſe ſelbſtregiſtrirender Anemometer gehört der ſehr ſinnreiche, aber viel zu complicirte Apparat von d'Ons-en-Bray *), von welchem Muncke **) eine kurze Beſchreibung giebt, die hinreicht, eine Vorſtellung von den weſentlichen Stücken der Vorrichtung zu erlangen. Das Ganze beſteht aus drei abgeſonderten Apparaten, die vereinigt eine graphiſche Darſtellung der Richtung und Stärke des Windes für je 24 Stunden geben. Um die Richtung des Windes zu wiſſen, dient eine gemeine Windfahne, welche hinlänglich groß und daher ſowohl leicht beweglich iſt, als auch mit genügender Kraft wirkend eine durch vom Dache herab in das Beobachtungszimmer fortgehende Stange in Bewegung ſetzt. Unten in dieſem Zimmer iſt die Stange mit einem ſtarken Cylinder verſehen, in welchem in einer ſchraubenförmig ihn umgebenden Linie 32 Stifte eingeſchla

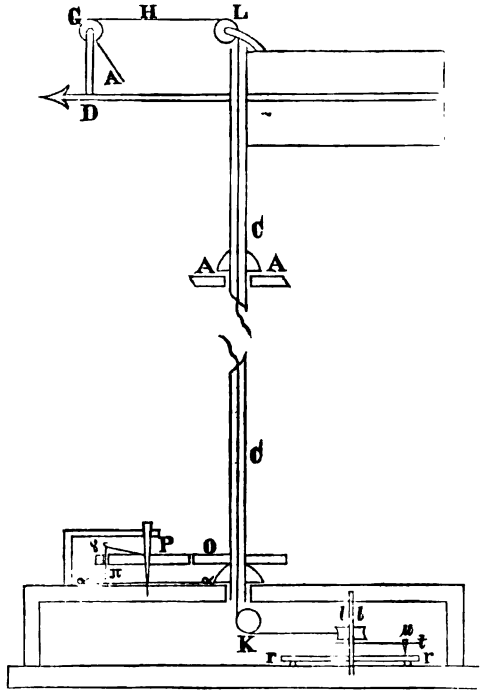
*) Histoire de l' Acad. des Sciences. Ann. 1734. p. 123.
**) Gehler, N. A. Bd. X. 2. S. 2164.

sind, die zur Bezeichnung der 32 Windrichtungen dienen. An diesem Cylinder, seiner Axe parallel, wird die Fläche eines breiten und sehr langen Streifens Papier vorbeigeführt, und da die einzelnen Stifte vermöge der schraubenförmigen Windung sich in ungleicher Höhe befinden, so streift allezeit, je nach der Drehung der Windfahne, nur einer oder auch zwei Stifte, wenn die Windrichtung in die Mitte zwischen beide fällt, über die Fläche des vor ihnen hin gezogenen Papierstreifens. Um aber hierbei das Papier nicht zu zerreißen, haben die Stifte eine umgebogene, in einem Charnier bewegliche Spitze, deren krumme Enden auch beim Rückgange oder bei wiederholten Drehungen des Cylinders nicht in das Papier einhaken können, die aber durch eine kleine Feder gerade genügend angedrückt werden, um einen sichtbaren Strich auf dem Papier zu erzeugen. Das Papier wird nach einer von Winslow angegebenen Verfahrungsweise eigens bereitet, indem man gewöhnliches starkes Schreibpapier mit calcinirtem Hirschhorn einreibt, auf welchem dann die Stifte einen Streif wie von Bleistift zeichnen, und wenn man es nachher wieder abreibt, so kann es wiederholt gebraucht werden. Der etliche Fuß lange Streif wird auf zwei vertical stehende Walzen gewunden, so daß er, genügend straff angezogen, sich gleichzeitig von der einen abwickelt und auf die andere aufwickelt. Beide Walzen werden durch ein Uhrwerk, welches den zweiten Haupttheil des ganzen Apparates bildet, um ihre verticale Axe gedreht, und somit ist ein regelmäßiges Auf- und Abwickeln gegeben; um aber nicht jederzeit durch den Anfang der Bewegung gehindert und um der hierdurch nöthigen Reductionen überhoben zu sein, ist noch ein zweiter Mechanismus angebracht, vermöge dessen ein kleines Hämmerchen jede Viertelstunde gegen einen federnden Stift schlägt, welcher im oberen Rande des Papierstreifens ein Loch macht, so daß neben den Strichen, welche die Windrichtung anzeigen, auch die zugehörige Zeit durch diese Löcher auf dem Papiere bezeichnet ist. Um die Geschwindigkeit des Windes zu messen, befindet sich unter der Windfahne eine Trommel (moulin à la Polonaise) von gleicher Einrichtung, als die von Hartmann (s. S. 199) empfohlene, die durch den Wind seiner Stärke proportional schneller herumgetrieben wird. Am tiefer herabgehenden Ende der diese Trommel tragenden Axe ist ein gezahntes Rad, welches in ein Getriebe eingreift und dieses herumdreht. Von diesem geht eine Stange in das Beobachtungszimmer herab. Nach der Einrichtung des zugehörigen Räderwerkes werden 400 Umläufe der Trommel erfordert, um einen kleinen Hammer zu heben, der dann gegen einen Stift schlägt und mittelst desselben in einen Streifen Papier an dessen oberem Rande ein kleines Loch bohrt. Diese Papierstreifen sollen 18 bis 20 Fuß lang und 1,5 Zoll breit sein; sie werden auf gleiche Weise, als die vorhin beschriebenen rotiren, von einer Walze auf die andere durch das im Beobachtungszimmer befindliche Uhrwerk gewickelt, und während am oberen Rande derselben die genannten Löcher zum Zählen der Umdrehungen der Trommel eingestochen werden, ist ein zu bereits beschriebenen gleicher Mechanismus angebracht, mittelst dessen am unteren Rande jede Viertelstunde Löcher eingeschlagen werden. Sowie daher die breiten Streifen die den Zeiten zugehörigen Windrichtungen graphisch darstellen, geben die schmalen die denselben Zeiten zukommenden Intensitäten.

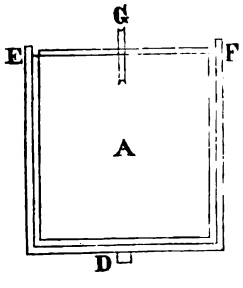
Muncke*) theilt ferner die Beschreibung eines Anemometers mit, welches

*) Gehler, N. A. Bd. X. S. 2213. Das Instrument wird zuerst beschrieben in Mechanic Magazine. Nr. 192., v. 28. April 1827. p. 264, und hiernach in Dingler's polyt. Journ. Bd. XXV. S. 223.

er durch Abänderung einiger Räder zur Selbſtregiſtrirung eingerichtet hat, und das hierdurch zu einem Anemographen geworden iſt, der ſich durch ſeine Einfachheit empfiehlt. In der Zeichnung ſieht man die gemeine Windfahne, die, hinlänglich hoch über das Dach A A vor ſtehend, an der hohlen Stange C C feſtſitzt. Letztere geht in das Beobachtungszimmer hera und hat an ihrem unteren End ein Getriebe O, welches in ei gleichfalls horizontales Rad von einer gleichen Anzahl Zähn eingreift, dieſes umdreht un bewirkt, daß der hieran befeſtig Stift π auf der darunter li genden Tafel $\alpha\alpha$ die Richtu des Windes aufzeichnet. Ei Schiefertafel und ein geeigne Zeichenſtift würden hierzu paßlichſten ſein, auch iſt z Ueberfluſſe die ſchwache Feder angedeutet, welche dieſen St in ſeiner Hülſe gerade genüge herabdrückt. Da man nach liebigen Zeitintervallen die zeichneten Linien wegwiſ kann, ſo iſt hiermit die Ri tung des Windes vollſtän gegeben; verlangte man noch mehr, ſo ließe ſich



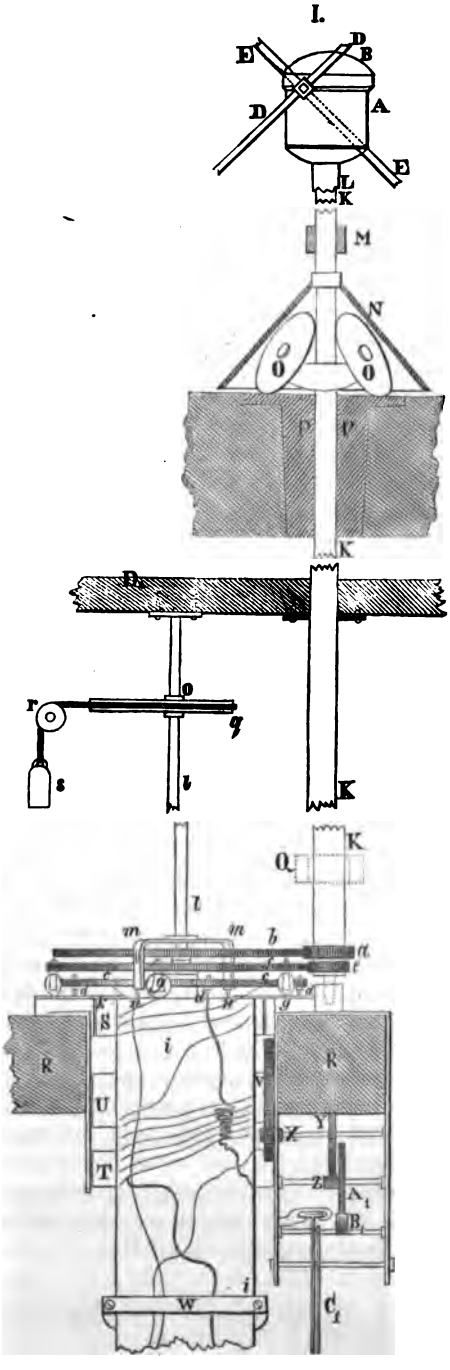
Tafel leicht durch ein Uhrwerk bewegen. Im Original ſteht das Rad P verti und trägt auf ſeiner dann horizontalen Axe einen Zeiger, welcher auf einem Zif blatte die Windrichtungen beobachten läßt. Zum Meſſen der Stärke des Win dient der in größerem Maßſtabe gezeichnete Rahmen E D F, welcher vertical auf Pfeile der Windfahne ſo aufgeſetzt iſt, daß beider Ebe rechtwinkelig auf einander gerichtet ſind. Dieſer R men trägt den um die feine Axe E E leicht beweglic dünnen Schirm A, an deſſen oberer Seite die Roll (ſtatt deren auch ein Halbkreis oder ſelbſt ein Quadr genügen würde) befeſtigt iſt. Von dieſer läuft Schnur H über die Rolle L durch die Röhre C C hi und iſt unten um die Rolle K geführt, dann um Rolle 11 geſchlungen und ihr Ende durch eine Spi feder oder ein Gewicht erforderlich geſtrafft. Die R 11 trägt den Stab t, an deſſen einem Ende durch Hülſe μ ein Stift herabgeht, um auf der unten horiz tal liegenden Tafel r r die Stärke des Windes graphiſch darzuſtellen. Drückt Wind mit der ſeiner Geſchwindigkeit zugehörenden Gewalt die Tafel A zurück,



zieht die Rolle G die Schnur an, die Scheibe II wird umgedreht und der Stift registrirt die zugehörige Windstärke, und da der Raum, durch welchen der Schirm A gehoben wird, nicht mehr als einen Quadranten betragen kann, ſo darf man nur der Rolle G den vierfachen Radius der Rolle II geben, um für den Unterſchied der Windſtärke einen ganzen Kreis zu erhalten. Nach der urſprünglichen Angabe ſteht die Ebene der Rolle II vertical und trägt einen Zeiger, um auf einem gleichfalls verticalen Zifferblatte die Stärke des Windes anzugeben. Man hat bei dieſer Conſtruction eine unüberwindliche Schwierigkeit in dem Umſtande gefunden, daß die Schnur, welche die Rolle II umzudrehen dient, durch den veränderlichen Feuchtigkeitszuſtand und, wenn man ſtatt ihrer einen Draht wählen wollte, durch die unſichere Temperatur verkürzt oder verlängert wird; allein dieſem Uebelſtande wäre (ſagt Muncke) leicht abzuhelfen. Zuvörderſt iſt die Ausdehnung des Metalls durch Wärme ungleich kleiner, als die der Schnüre aus animaliſchen oder vegetabiliſchen Stoffen durch die Feuchtigkeit; erſtere würden daher einen Vorzug vor den letzteren haben, wenn nicht von der andern Seite ihre geringere Biegſamkeit dieſen Vortheil mehr als gänzlich aufhöbe. Dennoch aber würde rathſam ſein, die ganze, durch die Röhre herabgehende Länge aus Metalldraht zu verfertigen und das Gewicht derſelben, ſowie die Kraft der auf das Ende der Schnur wirkenden Spiralfeder durch ein an der Rolle L oder ſelbſt G angebrachtes Gegengewicht zu balanciren, um die Kraft auch der leiſeſten Windſtöße zu meſſen. Würden dann die über die Rollen oben und unten geſchlungenen oder nur über ſie hin laufenden Schnüre aus den hygroſkopiſchen Subſtanzen verfertigt, ſo könnte ihre Ausdehnung wegen ihrer geringen abſoluten Länge nicht groß ſein, aber auch dieſe geringe Größe läßt ſich beſeitigen. Man darf zu dieſem Behuf nur das untere Ende der Windfahnenſtange, da dieſer Apparat an jedem Tage gewiß mehrmals beobachtet wird, mit der Hand um 90° von dem Stande, den ſie gerade einnimmt, nach der einen oder andern Seite herumdrehen, um die Platte A lothrecht herabhängend zu machen, und die Größe, um welche dann der Zeiger vom Nullpunkte der Scheibe r r abſteht, giebt den Fehler an, welcher der vorausgegangenen Beobachtung zugehört. Da aber der Zeiger oder der Stab t auf dem ihn bewegenden Zapfen nur aufgeſteckt iſt, ſo wird man ihn jederzeit wieder auf 0 der Theilung ſtellen, und der nachher gefundene Fehler würde daher annähernd nur etwa zur Hälfte als Verbeſſerung anzuführen ſein.

Ich theile im Nachſtehenden die ausführliche und kritiſche Beſchreibung mit, welche Hülſſe *) von dem Anemographen gegeben hat, den Frank auf der Saline Dürrenberg im J. 1826 aufgeſtellt hat. Derſelbe beruht auf dem Principe des Woltmann'ſchen Flügels (ſ. oben S. 199) und iſt in Fig. I. — VII. dargeſtellt. Fig. I. giebt eine vordere Anſicht des ganzen Apparates mit verkürzter Verbindung zwiſchen Flügelwerk und Schreibwerk, Fig. V. eine obere und Fig. VI. eine Seitenanſicht des Schreibwerkes, Fig. II. einen Durchſchnitt durch das obere Gehäuſe, parallel mit der Projectionsebene von Fig. I., Fig. III. einen Durchſchnitt deſſelben nach einer horizontalen Ebene und Fig. IV. einen Durchſchnitt parallel mit der Projectionsebene von Fig. VI. In Fig. VII. endlich ſind die Frictionsrollen, welche den oberen Apparat tragen, in einer Anſicht von oben dargeſtellt.

*) Maſchinen-Encycl. Bd. I. S. 214 ff. Die erſte Beſchreibung ſ. in d. Verhandlungen des preuß. Gewerbvereins. Jahrg. 1831. S. 257 ff.

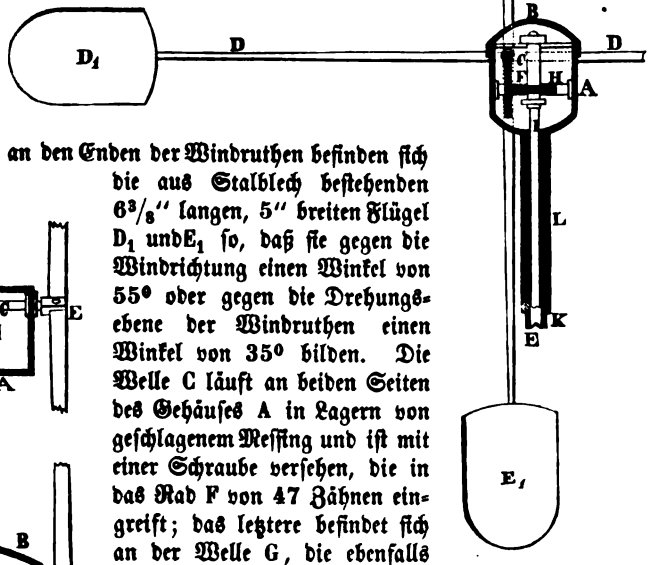


Der Anemograph befindet ſich in einem runden breternen Thürmchen mit flachem Blechdach; in Fig. V. iſt eine Säule, in Fig. I. und VI. ein paar Riegel und in Fig. I. das Dach durchſchnitten gezeichnet, übrigens aber iſt die beſondere Darſtellung dieſes Thürmchens als unweſentlich weggelaſſen. Durch die Mitte des Daches iſt das coniſche, oben $^5/_8$ unten 1 Zoll im Lichten weite Rohr K von 86″ Länge geführt, an welches bei M eine große, aus Eiſenblech gebildete Windfahne mit Gegengewicht befeſtigt iſt. Das Rohr ruht mit ſeinem ganzen Gewichte auf dem Dache auf und wird durch eine Oeffnung im Dache und durch einen unten angebrachten eiſernen Bügel in ſeiner Richtung erhalten. Etwa in der Mitte iſt in das Rohr ein Blechtrichter N angelöthet, welcher die drei Frictionsrollen O bedeckt, die auf der Meſſingplatte P laufen und an Arme angeſchoben ſind, welche unverſchiebbar mit dem Rohre K verbunden ſind. Unten iſt an dem Rohre das kleine Zahnrad a von $1^3/_4$ Zoll Durchmeſſer und 1″ Höhe mit 3[illegible] Zähnen angebracht, welches die Verbindung zwiſchen der Windfahne und der ſpäter zu beſchreibenden Schreibmaſchine herſtellt.

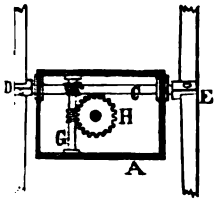
Das Rohr K trägt über [illegible] Windfahne an ſeinem oberen Ende das Gehäuſe A mit dem Deckel B, welches den Flügelapparat enthält; es iſt unterhalb mit dem Rohre K ſo über K geſchoben und befeſtigt, daß die Axe C genau parallel mit der Ebene der Fahne und daher der Bewegungsebene der Flügel ſenkrecht gegen die Ebene der Windfahne gerichtet iſt. Durch das Gehäuſe B durch geht die ſtählerne, $^1/_2$ Zoll ſtarke Welle C, an deren beiden Köpfen

die beiden 42″ langen Windruthen D und E ſo angeſchoben und befeſtigt ſind, daß ſie unter rechten Winkeln gegen einander ſtehen; an den Enden der Windruthen befinden ſich die aus Stalblech beſtehenden $6^3/_8$″ langen, 5″ breiten Flügel D_1 und E_1 ſo, daß ſie gegen die Windrichtung einen Winkel von 55° oder gegen die Drehungsebene der Windruthen einen Winkel von 35° bilden. Die Welle C läuft an beiden Seiten des Gehäuſes A in Lagern von geſchlagenem Meſſing und iſt mit einer Schraube verſehen, die in das Rad F von 47 Zähnen eingreift; das letztere befindet ſich an der Welle G, die ebenfalls eine Schraube trägt und mit dieſer in das horizontale Rad H von 26 Zähnen eingreift, welches an einem kleinen aufrecht ſtehenden Röhrchen ſitzt, das durch eine vierkantige Höhlung auf die ebenfalls vierkantige Spitze der Spindel l aufgeſetzt iſt. Dieſe Spindel iſt oben $^1/_3$, unten $^3/_4$″ ſtark, geht durch das ganze Rohr K hindurch und ruht unten über R mit einer verſtählten Spitze auf einem meſſingenen Zapfenlager auf; unmittelbar über dieſem Zapfen iſt ſie mit dem Zahnrad e von 20 Zähnen verſehen, welches die Verbindung mit dem Schreibapparate herſtellt und ſich einmal umdrehen wird, wenn die Flügelwelle 26. 47 = 1222 Umdrehungen gemacht hat.

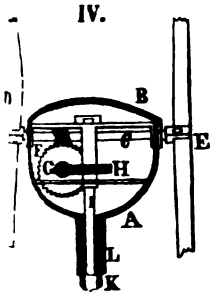
II.



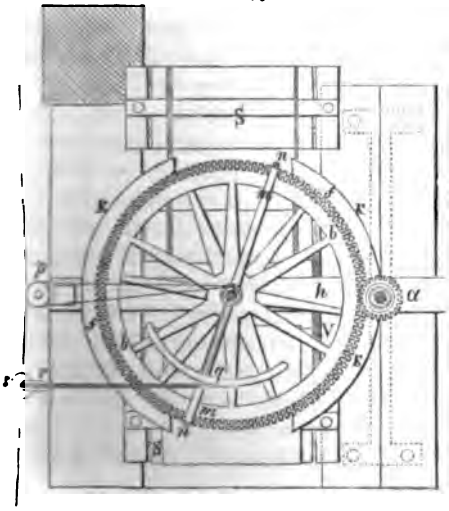
III.



IV.

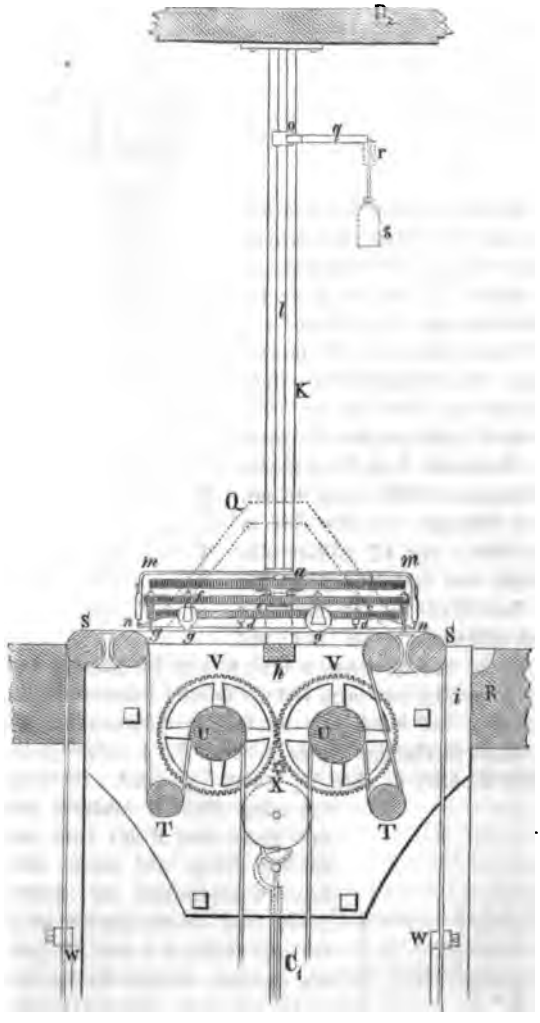


V.



Der beſchriebenen Einrichtung zufolge iſt nun klar, daß ſich das Rad a mit jeder Veränderung der Windrichtung und zwar in gleichem Sinne mit dem Winde dreht, und daß das Rad e eine Kreis-

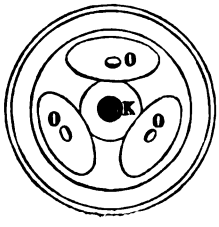
VI.



bewegung annimmt, deren Geſchwindigkeit mit der Geſchwindigkeit der Flügelwelle C zuſammenhängt; es läßt ſich aber auch leicht erſehen, daß ſich vermöge der Verbindung der einzelnen auf einander wirkenden Theile e um denſelben Winkel und nach derſelben Richtung zu dreht, wie a, wenn eine Veränderung der Windrichtung eintritt.

Zur Aufzeichnung der Bewegungen von a und d dient der mit beiden verbundene Schreibapparat. a greift nämlich in das Zahnrad b von 10,3 Durchmeſſer und 192 Zähnen, welches durch ein hohle Welle mit der gleichen großen Scheibe c verbunden iſt; an letzterer befinden ſich, 60° von einander abſtehend, ſechs Hülſen d, in Federn hängend am Umfange befeſtigt, die mit Schieferſtiften verſehen ſind. Die hohle Welle zwiſchen den Rädern b und c iſt über einen Zapfen auf dem Stabe h geſchoben und kann durch letzteren ſo verſchoben werden, daß der Schreibapparat mit a in Eingriffe iſt oder nicht.

VII.



Die Schieferſtifte an d, d gehen über eine unter denſelben hin bewegte Fläche i weg, welche durch den ſpäter zu beſchreibenden Bewegungs-Mechanismus gleichförmig unter ihnen hin gezogen wird und ebenſo breit iſt, als der Abſtand zweier Stifte d, d von einander. Da b ſechsmal ſo viel Zähne hat als a, ſo wird bei einer vollen Umdrehung von a, d. h. wenn der Wind einen Kreislauf nach allen Himmelsgegenden vollendet hat, einer von den Stiften ſich über die ganze Breite der Fläche hin bewegt haben, indem derſelbe dann bei fortgeſetzter Drehung des Windes

die Zeichenfläche auf der einen Seite verläßt, tritt auf der entgegengesetzten Seite der darauf folgende Stift in die Fläche, und es wird sich daher stets ein Stift auf der Fläche befinden. Würde die Zeichenfläche nicht fortbewegt, so würde jeder Stift für eine volle Umsetzung des Windes einen Kreisbogen über dieselbe beschreiben, dessen Halbmesser dem Abstande des Stiftes von der Drehungsaxe gleich ist; würde dagegen der Stift ruhen und die Zeichenebene sich fortbewegen, so würde der Stift eine gerade Linie auf derselben beschreiben; da nun aber beide Bewegungen vereinigt stattfinden, so wird der Stift eine durch beide bestimmte krumme Transversallinie beschreiben, in welcher zu einem jeden Punkte leicht die Zeit, für welche er die Windrichtung angiebt, durch die Entfernung vom Anfangspunkte der Zeichenebene, und die zu dieser Zeit stattgehabte Windrichtung durch den Abstand von den beiden Seitenlinien der Zeichenebene aufgefunden werden kann. Wenn die Stifte d auf der einen Seite von der Zeichenebene weggehen, so gelangen sie auf die beiden, die Zeichenebene begrenzenden Leitbogen h und k, die etwas höher liegen, und theils deshalb, theils um immer den zum Schreiben nöthigen Druck auszuüben, sind die Zeichenstifte federnd an der unteren Scheibe c befestigt.

Zur Aufzeichnung der Windgeschwindigkeit ist an das Stirnrad e von 20 Zähnen das Zahnrad f von 200 Zähnen und 10,9 Zoll Durchmesser angeschoben, welches sich um die hohle Welle dreht, durch welche b und c mit einander verbunden sind, und welches, $5^1/_2$ Zoll von einander abstehend, sechs in Federn hängende Stifte g, g für Schieferstifte führt. Die letzteren befinden sich in etwas größerer Entfernung von dem Mittelpunkte der Umdrehung, als die Stifte d, d und werden daher durch die von der ihrigen unabhängige Bewegung der ersteren nicht beeinträchtigt. Die Schieferstifte g, g beschreiben auf der Zeichenebene ebenfalls Bogen, wie die Stifte d, d, sie bewegen sich jedoch natürlich immer nur nach einer Richtung hin, während die Bewegungsrichtung der Stifte d, d von der Windrichtung abhängt. Hat sich ein Stift g von der einen Seite der Zeichenebene nach der entgegengesetzten bewegt oder das Rad f $^1/_6$ eine Umdrehung vollendet, so wird sich e $1^2/_3$ mal, folglich C $2036^2/_3$ mal herumgedreht haben. Wenn nun die Zeichenebene ruhte, so würde bei fortgesetzter Umdrehung von C der zunächst eintretende Stift einen Bogen auf ihr beschreiben, welcher mit dem des vorhergehenden zusammenfiele; rückt dagegen die Zeichenebene regelmäßig vorwärts, so tritt der nächste Stift auf der entgegengesetzten Seite in einem Abstande von der ersten Linie in dieselbe ein, welcher der Zeit entspricht, innerhalb welcher die Flügelwelle $2036^2/_3$ Umdrehungen machte. Soll daher für irgend einen bestimmten Zeitraum die Anzahl der stattgehabten Umdrehungen der Flügelwelle C aufgefunden werden, so wird in dem Stücke der Zeichenebene, welches während des Zeitraumes unter dem Schreibapparate war, die Anzahl der vollen Bogen gezählt, welche die Stifte g aufgezeichnet haben, und für jeden $2036^2/_3$ Umdrehungen gerechnet, und dann nach Verhältniß des etwa noch vorhandenen Bogenstückes zur Länge eines Bogens von 60 Grad die entsprechende Anzahl Umdrehungen hinzugefügt.

Die Zeichnung giebt noch eine Vorrichtung an, welche, wenn auch nicht zum Anemographen gehörig, doch hier zugleich mit erwähnt werden mag; es ist dies ein **Thermograph**, eine Vorrichtung zum Aufzeichnen der stattfindenden Temperatur. Auf der Spitze der Spindel, um welche sich das Schreibwerk dreht, steht drehbar der eiserne Stab l, der oben in dem Balken D_2 sein Zapfenlager hat; unterhalb ist er mit dem Doppelarme m versehen, an dessen Ende federnd die Roth-

stifte n, n diametral gegenüberstehend angebracht sind; oberhalb ist an denselben d
einzöllige Messingwalze o angeschoben, an welcher ein Messingdraht und ein Spann
hebel q befestigt ist; der Messingdraht läuft von o aus über zwei über einand
stehende Röllchen p und ist so an der äußern Wand des Thurmes herauf und he
unter gezogen, daß er einen 25 Fuß langen Doppelzug bildet. Durch das Gege
gewicht s, dessen Schnur über die Rolle r nach dem Spannhebel q geht, wird d
ganze Drahtzug in der erforderlichen Spannung erhalten. Wenn man nun d
Ausdehnung des Messingdrahtes zu 0,001885 annimmt, so wird sich der Dra
für 64° R. Temperaturdifferenz um $^5/_{11}$ Zoll ausdehnen, und die Stifte n werd
vermöge des Verhältnisses der Hebelarme von o und m einen Bogen von 5 Z
beschreiben. Wird nun der Arm m an dem Stabe l so befestigt, daß sich n bei
Temperatur gerade in der Mitte der Schreibebene befindet, so wird durch e
Zu- oder Abnahme der Temperatur der Stift n nach der einen oder der and
Seite desto mehr getrieben, je größer die Temperaturdifferenz ist, und es wird
her durch die Linien für Windrichtung und Windkraft eine rothe Linie für
Temperatur hindurchgezeichnet werden.

Das Uhrwerk zum Treiben der Zeichenebene für den Schreibapparat ist
Fig. 1. unter R abgebildet. Durch dasselbe wird die Zeichenebene über eines
Walzenwerke S hinweg bewegt; es liegt auf jeder Seite des Schreibapparates
solches Walzenwerk, aus zwei in eisernen Rahmen laufenden Walzen bestehend,
den Riegeln des Gestelles so, daß entweder das eine oder das andere unter
Schreibapparat geschoben werden kann. Ueber den Walzen S S liegt eine end
Doppelschnur, welche auf der einen Seite senkrecht niedergeht und hier mit
verstellbaren Ziehgewichte W versehen ist, auf der andern Seite über die Leitun
walzen T und U geht und unten um eine größere, hier nicht sichtbare Walze
schlungen ist. Mit der Walze U an gleicher Axe befinden sich die beiden in ein
der wirkenden Triebräder V V des Chronometers, von denen jedes 140 Zähne
eines von beiden greift in das siebenzähnige Getriebe X des Mittelrades Y
120 Zähnen, und dieses in das siebenzähnige Getriebe Z des Steigrades A_1
40 Zähnen, welches durch den englischen Haken B_1 von dem Secundenpendel
regulirt wird. Die Walzen des Walzenwerkes S bewegen sich daher in $\frac{42.120.}{7.7}$
Secunden, d. h. in vier Stunden einmal um ihre Axe, und da ihr Umfang
Zoll beträgt, so senken sich die Ziehgewichte W in fünf Stunden um 9 Zoll
in $2^1/_2$ Tagen um 9 Fuß; sind sie auf diese Art im tiefsten Punkte angekomm
so werden sie abgenommen und oben wieder angeschraubt, wodurch das Aufzie
der Uhr ersetzt wird.

Die Fläche, auf welche die Veränderungen des Windes aufgezeichnet wer
sollen, ist ein $5^1/_2$ Zoll breiter, etwa 120 Zoll langer Streifen von Schieferpap
d. h. Papier, das mit einem Gemisch von Bimstein, Eiweiß, Ruß ꝛc. angestri
und glatt gewalzt ist, um die Linien vom Schiefer aufzunehmen und sie leicht
tilgbar zu machen. Wird ein solcher Streifen an die endlosen Schnuren ge
und befestigt, so rückt jeder Punkt desselben in einer Stunde um 1,8 Zoll vorw
und herab, und wenn das Walzenwerk S unter den Schreibapparat gerückt wird
nimmt die unter dem letzteren befindliche Stelle desselben die drei Linienfysteme
nämlich bogenförmige Transversallinien vom Stifte d für die Windrichtung,
denen Süd zu beiden Seiten, Nord in der Mitte der Scale liegt, ferner bogen

nige Transverſalen, deren Tangenten mit den auf den ruhenden Streifen gezogenen Bogen deſto ſpitzere Winkel machen, je geſchwinder der Wind weht, für Regiſtrirung der Umdrehungszahl der Flügelwelle, und eine gewöhnlich ſanft gekrümmte Linie vom Stifte n zur Beſtimmung der Temperatur. Während die Aufzeichnung auf den Streifen des einen Walzenwerkes erfolgt, kann der vollgeſchriebene Streifen von dem andern weggenommen und durch einen neuen erſetzt werden, wobei jedesmal die Zeit des Einrückens des neuen und des Ausrückens des alten aufzumerken iſt. — Wird der ganze Schreibapparat an den Rädern a und e abgerückt, ſo iſt beim Einrücken Sorge zu tragen, daß die Verbindung von a und b gerade an einer ſolchen Stelle geſchieht, daß einer von den Stiften d, d bei Südwind an der Seite des Streifens und bei jedem andern Winde an der entſprechenden Stelle ſich befindet.

Das Ableſen der abſoluten Elemente für die Veränderung des Windes und der Temperatur erfolgt nach des Verfertigers Angabe durch ein auf den durchgegangenen Papierſtreifen aufgelegtes Netz, welches beiſtehender Holzſchnitt ungefähr

halber natürlicher Größe verdeutlicht, wobei jedoch noch zu erwähnen iſt, daß das wirkliche Netz eine größere Länge hat, als hier gezeichnet werden konnte. Das Netz beſteht aus einem Rahmen, in welchem parallel mit der Länge 16 Fäden (zwölfmal ſo dicht als die Abbildung zeigt) eingezogen und in Abſtänden von 1,8 Zoll durch Bogen von Draht mit 5 Zoll Halbmeſſer durchkreuzt werden. Die mittelen Längenfäden entſprechen den Windrichtungen, welche durch die links vorgeſchriebenen Buchſtaben bezeichnet werden. Das Netz iſt auf den Streifen ſo zu legen, daß die Endpunkte der aufgezeichneten Transverſallinien durch die beiden äußerſten Parallelen gedeckt werden, und daß der erſte Draht über einen Punkt zu liegen kommt, an welchem ſich gerade zu einer vollendeten Stunde der Zeichenſtift befand. Entſpreche z. B. der erſte Drahtbogen links dem mit Beginn der ſechſten Stunde gezogenen Curvenanfange, ſo werden die rechts folgenden dann für die Stunden gelten, welche oberhalb angeſchrieben ſind, nämlich für die ſiebente bis zwölfte, und es kann nun in der vorliegenden Figur keine Undeutlichkeit darüber herrſchen, daß in Folge des Verlaufes der Linie A A, welche die Windrichtung angiebt, um 6 Uhr der Wind aus NNW, um 12 Uhr dagegen aus WNW und zu allen zwiſchenliegenden Zeiten nach der Lage der Punkte in A A wehte.

Was ferner die Bestimmung der Temperatur betrifft, so ist die Berechnu der Drahtlänge so geführt worden, daß der Stift n bei einer Temperaturveränd rung von 8° R. um ein Bogenstück vorrückt, welches zwischen den Abstand zwei Parallelen N und NO oder N und NW ꝛc. eingeschoben werden kann. Ist dah n bei einer Temperatur von 0° auf die Linie N eingestellt worden, so entsprech die Linien NW — S — SW — S den Wärmegraden 8 — 16 — 24 — 3 und die Linien NO — O — SO — S den Kältegraden 8 — 16 — 24 — 3: der Verlauf der Temperaturlinie C C und namentlich ihre Entfernung von der Li N wird daher ebenso erlauben, für die einzelnen Zeitmomente die stattgehabte Te peratur anzugeben, als es durch die Linie A A möglich wird, die Windrichtung a zunehmen.

Der Ablesung der Windgeschwindigkeit durch das angeführte Netz liegt n des Verfertigers Angabe die Voraussetzung zu Grunde, daß die Lufttheilchen st einen gleich großen Weg in der Richtung der Windfahne zurücklegen, wenn sich Flügelwelle einmal um ihre Axe dreht, oder daß für die Windgeschwindigkeit v u die Umdrehungszahl n der Flügelwelle $v = bn$ sei, wo b einen durch Versu oder Rechnung zu bestimmenden Coefficienten bedeutet. Frank bestimmt l Stoßpunkt der Flügel für eine Flügellänge (= q) und für die Entfernung des F gels von der Axe (= p) durch die Formel: $\frac{p^2 + pq + {}^1/_3 q^2}{p + {}^1/_2 q}$ zu 18 Zoll u erhält daher den Weg des Flügels bei einer Umdrehung = 113,13 Zoll, w chen er gleich dem Wege des Windes setzt, und daher folgert, daß eine Umdrehu von e oder 1222 Umdrehungen der Flügelwelle C einem Gesammtwege des Win von 960 Ruthen, und der sechste Theil einer Umdrehung von f oder $2036^2/_3$ U drehungen von C einen Gesammtweg des Windes von 1600 Ruthen entsprech Hiernach drückte Ein Ueberstreichen der Zeichenebene durch den Stift g einen W des Windes von 1600 Ruthen aus und Theile einer durch g gezogenen Tra versale würden dadurch abgenommen werden, daß, wenn sich ein solcher von untern Linie S bis zur Linie S O — O — N O — N — NW — W — SW — erstreckt, dafür als zurückgelegter Weg des Windes 200, 400, 600, 8 1000, 1200, 1400, 1600 Ruthen, anzusehen, eine Abnahme, welche du die rechts angeschriebenen Zahlen erleichtert wird. Hiernach würde in der Ab dung durch die Geschwindigkeitscurve B B in der siebenten Stunde als Weg Windes gefunden werden

von 100 — 1600:	1500	Ruthen
eine volle Transversale:	1600	"
von 0 — 800:	800	"
Gesammtweg:	3900	"

Für die achte Stunde dagegen:

von 800 — 1600:	800	Ruthen
eine volle Transversale:	1600	"
von 0 — 600:	600	"
Gesammtweg:	3000	"

Bei dieser Methode des Ablesens ist zuerst zu bemerken, daß sie nicht in l lem Einklange mit der Einrichtung des Schreibwerkes selbst steht. Beschreiben

Stifte d einen Bogen mit einem Halbmeſſer von 5 Zoll, ſo wird das angegebene Netz allerdings zu genauer Abnahme der Windrichtung, aber auch nur zu dieſer benutzt werden können, denn die Stifte g beſchreiben Bogen mit mehr als 5 Zoll, etwa $5^1/_2$ Zoll Halbmeſſer, ſetzen alſo ein Netz voraus, deſſen Bogen ebenfalls um $5^1/_2$ Zoll Halbmeſſer conſtruirt ſind, und da, nach der Richtung der Bewegung der Zeichenebene i betrachtet, die Stifte g den Stiften d immer um einen halben Zoll vorausgeeilt erſcheinen, ſo ſind für ein vollſtändiges Netz zum Abnehmen der abſoluten Werthe der aufgetragenen Linien von den Mittelpunkten, aus welchen die Bogen in der oben ſtehenden Figur beſchrieben wurden, noch Bogen von $5^1/_2$ Zoll Halbmeſſer zur Abnahme der Windgeſchwindigkeit zu beſchreiben. Werden nun nach **Franks** Angabe die Bogen von 5 Zoll Halbmeſſer an dem einfachen Netze auch zur Abnahme der Windgeſchwindigkeit benutzt, ſo wird (ohne den Fehler zu erwähnen, welcher durch die Abweichung mit größerem und kleinerem Halbmeſſer hervorgebracht wird) die ganze Reihe der Windgeſchwindigkeitsveränderungen um $16^2/_3$ Minuten gegen die Zeit, in welcher ſie wirklich ſtattfanden, vorgerückt, ſobald das Netz nach der Zeit aufgelegt wird, welche zu der aufgezeichneten Windrichtung gehört, und Windgeſchwindigkeit und Windrichtung ſind dann nicht mehr als zuſammengehörig zu betrachten. — Etwas Aehnliches läßt ſich in Bezug auf die Abnahme der aufgezeichneten Temperatur anführen, erſcheint jedoch wegen der weniger ſtarken Variationen bei derſelben von minderer Wichtigkeit. Offenbar würde übrigens das Netz zum Abnehmen der Linien, wenn es mit den angeführten Bogen verſehen werden ſoll, beſſer durch aufgeriſſene oder aufgeſtochene Linien auf einer durchſichtigen oder durchſcheinenden Platte von Glas oder Pergamentpapier hergeſtellt werden können.

Da ferner die Flügelwelle in feſter Verbindung mit der Windfahne ſich befindet, ſo wird auch die von der erſteren bewegte Spindel J außer der Bewegung, durch welche die Windgeſchwindigkeit gemeſſen werden ſoll, auch noch eine drehende Bewegung gleichzeitig mit der Windfahne erhalten, welche ebenſo durch e auf f übertragen wird, wie die von der Windgeſchwindigkeit hervorgerufene Drehung der Flügelwelle. Die Linie B B kann daher nur dann als Repräſentant der Bewegung der Flügelwelle betrachtet werden, wenn die Windfahne immer gleiche Richtung hält, ſo daß A A eine gerade, mit den Kanten des Streifens i parallel gerichtete Linie iſt; in dem andern Falle iſt die Linie B B erſt nach den Formen von A A zu corrigiren. Die Art dieſer Correction läßt ſich leicht durch die Betrachtung finden, daß ſich J in gleicher Richtung und mit derſelben Winkelgeſchwindigkeit dreht, als K, und daß durch eine Umdrehung von a das Rad b um den ſechſten Theil, durch eine Umdrehung von e dagegen f um den zehnten Theil ſeines Umfanges gedreht wird. Geht nun a in einer beſtimmten Zeit eine ganze Umdrehung von S über O, N und W nach S, ſo macht e ebenfalls eine ganze Umdrehung, f rückt daher um $^1/_{10}$ der ganzen Umdrehung in Folge der Veränderung der Windrichtung vorwärts, und g beſchreibt daher einen Bogen zu viel, welcher nach der oben angegebenen Art der Abnahme einem Wege des Windes von 960 Ruthen entſpricht; es iſt aber auch unter der angegebenen Vorausſetzung von dem für die beſtimmte Zeit gefundenen Wege des Windes 960 abzuziehen, um die Angabe von dem Einfluſſe der Windrichtung frei zu machen. Hätte dagegen die Umdrehung des Windes in der Zeit von S über W, N und O nach S ſtattgefunden, ſo hätte f $^1/_{10}$ Umdrehung wieder zurückgemacht, und die 960 Ruthen würden dann zu dem mit dem

Netze abgenommenen Resultate hinzugerechnet werden müssen. Es läßt sich die Correction, bloß auf die Gestaltung der aufgezeichneten Linien A und B bezoge auch so aussprechen, daß, wenn sich in einer bestimmten Zeit die Linie A um d Abstand zweier hier aufgezeichneten Parallelen nach oben oder nach unten wend (z. B. von N nach NW oder von N nach NO), dann von der für dieselbe Z geltenden Angabe der Linie B entweder 120 abgezogen oder zu derselben 120 hi zugerechnet werden müssen.

Endlich ist zu bemerken, daß die Abnahme der Windgeschwindigkeit n der Frank'schen Methode auf einer offenbar irrigen Voraussetzung beruht; de wäre mit Beibehaltung der obigen Bezeichnung $v = bn$, so würde auch $n =$ sein und für einen noch so kleinen Werth von v einen Werth erlangen, der grö als Null ist, d. h. eine noch so geringe Geschwindigkeit des Windes würde sch im Stande sein, der Flügelwelle eine, wenn auch kleine, doch merkbare Bewegu mitzutheilen, was der Erfahrung widerspricht, indem der Wind jedenfalls sch eine ziemlich merkbare Geschwindigkeit erlangen muß, bevor er die Bewegungsh derniſſe der Flügelwelle überwinden kann. Dies ist schon bei dem S. 199 ff. beschr benen Woltmann'schen Flügel der Fall, um so mehr daher hier, wo die F gelwelle einen ganzen Mechanismus in Bewegung zu setzen hat. Der Zusamm hang von v und n ist daher (wenigstens in den Fällen, wo man höhere Poten von n vernachlässigen kann) durch die Formel

$$v = a + bn$$

auszudrücken, wo a ein vorzüglich von den Bewegungshinderniſſen in der V richtung selbst abhängiger Coefficient ist und zugleich die Geschwindigkeit ausdrü welche der Wind jedenfalls erreichen muß, bevor der Apparat in Bewegung kom Die beiden Coefficienten a und b sind für jeden Anemographen durch Versu besonders zu bestimmen; sie sind von Zeit zu Zeit zu prüfen, da in dem Anem graphen selbst durch Einwirkung von Feuchtigkeit, Staub ꝛc. Veränderungen v gehen, welche auf die Größe von a und b Einfluß üben, ja für genaue Abnah würde sogar der Einfluß veränderter Temperatur und veränderten Luftdruckes die Größe von a und b bestimmt werden müssen, was durch Rechnung gesche kann. Die Bestimmung von a und b unter gegebenen Umständen würde aber besten so erfolgen können, daß man die gleichzeitige Einwirkung mehrerer st vorhandenen Luftströmungen von verschiedener Geschwindigkeit auf den Anem graphen und auf ein Anemometer beobachtet, welches zur Bestimmung der Wi geschwindigkeit eingerichtet ist, und den Zusammenhang zwischen dem von dem er Instrumente gegebenen n und dem von dem zweiten gegebenen v auf dieselbe ableitet, wie die Formel für den Woltmann'schen Flügel berechnet wird.

Die richtige Bestimmung der Windgeschwindigkeit bei verändertem Werthe a und b macht es nun wünschenswerth, daß durch das aufgelegte Netz die Anzahl Umdrehungen der Flügelwelle und nicht, wie nach Frank's Methode, der Weg Windes in Ruthen bestimmt werde. Zu diesem Ende ist die Eintheilung des Rä werkes so zu treffen, daß g ein Sechstel des Kreisumfanges überstreicht, wenn Flügelwelle etwa 1600 Umdrehungen gemacht hat. Die Anzahl der Umdreh gen der Flügelwelle in einer bestimmten Zeit läßt sich durch den Verlauf der Li B zwischen den Parallelen ebenso bestimmen, wie nach der Frank'schen Meth

der Geſammtweg, und es iſt mit einem Netze von mehreren zwiſchen die Stundenbogen eingetragenen Bogen auch möglich, die Zeit zu beſtimmen, in welcher die Flügelwelle gar keine Bewegung empfing, indem während dieſer Zeit die Linie BB parallel mit den Linien NN, SS ꝛc. gerichtet iſt. Giebt nun z. B. während einer Stunde der Anemograph N Umdrehungen der Flügelwelle an und hat in dieſer Stunde während t Minuten Windſtille geherrſcht, ſo wird, wenn a, b und v für Fuße und Secunden beſtimmt ſind, V dagegen den Geſammtweg des Windes in einer Stunde in Ruthen (à 12 Fuß) ausdrückt, erhalten werden:

$$V = 5\,a\,(60 - t) + \frac{b\,N}{12},$$

wobei jedoch eine Windgeſchwindigkeit, die kleiner als a iſt, für das Inſtrument einer Windſtille gleich wirkt und in V daher nicht mit enthalten iſt. Die durchſchnittliche Windgeſchwindigkeit v_1 für dieſe Stunde iſt daher in Fußen:

$$v_1 = \frac{a\,(60 - t)}{60} + \frac{b\,N}{3600}$$
$$= 0{,}01667\,a\,(60 - t) + 0{,}0002778\,b\,N.$$

Dieſe Durchſchnittsgeſchwindigkeit wird auch dann die wahre Geſchwindigkeit des Windes für einen Zeitraum ſein, wenn während deſſelben der Wind ſtetig und ohne Geſchwindigkeitsveränderung wehte. Daß dies aber der Fall war, giebt die Linie BB dadurch zu erkennen, daß die Tangente, welche man an irgend einen Punkt der Linie B ziehen kann, mit der Tangente an dem entſprechenden Punkte in dem die Zeit beſtimmenden Bogen des Netzes einen Winkel bildet, welcher ebenſo groß iſt, als der Winkel der Tangenten für irgend zwei andere entſprechende Punkte dieſer Bogen, oder daß die Größe des Abſtandes der einzelnen Punkte in dem Bogen BB von dem die Zeit beſtimmenden Bogen, in der Richtung der Parallelen NN, SS ꝛc. gemeſſen, in demſelben Verhältniſſe ſteht, als die zwiſchen den entſprechenden Punkten liegenden Bogenlängen.

Eine neuere Erfindung iſt das ſelbſtregiſtrirende Anemometer von Whewell *), welches 1836 zuerſt in Ausführung und Anwendung kam. Eine Windfahne ſtellt dem Winde eine kleine Windmühle entgegen nach Art der Ventilatoren, die man in Fenſtern anzubringen pflegt. Die Axe der Mühle ſteht mit Rädern und Getrieben in Verbindung, welche ihre Bewegung ſo verlangſamen, daß durch 1000 Umdrehungen der Flügel ein unten angebrachter Pinſel oder Zeichenſtift um $^1/_{20}$ Zoll abwärts bewegt wird. Der horizontal ſtehende Pinſel ſteht einem verticalen aufgerichteten Cylinder gegenüber und macht auf demſelben bei der Bewegung einen Strich. Der ganze Apparat dreht ſich unter dem richtenden Einfluſſe des Windes durch die Fahne um den Cylinder, welcher den Weltgegenden gemäß eingetheilt iſt, und der Pinſel ſinkt deſto tiefer, je ſchneller der Flügelapparat ſich dreht, je heftiger alſo der Wind iſt. Demgemäß giebt der Strich auf dem Cylinder durch ſein Fortſchreiten in horizontaler Richtung die Geſchwindigkeit, durch ſein Fortſchreiten in verticaler Richtung die Stärke des Windes charakteriſtiſch an, wenn man noch die Zeit notirt, zu welcher ſich der Pinſel auf dem einen oder dem anderen Punkte befindet. Man könnte auch dieſe Notirung noch durch ein leicht anzubringendes Uhrwerk bewerkſtelligen.

*) Transact of the Cambridge philos. soc. Vol. VI. part. 2. Vergl. London and Edinb. philos. mag. N. XL. p. 315. N. LXIX. p. 474.

Der zuerst 1834 ausgeführte Anemograph von Osler*) besteht a einer Windfahne, welche an einer Röhre als Stange festsitzt, so daß diese mit d Fahne zugleich sich umdreht. Unten an der Stange ist ein Getriebe, das in e gezahntes Rad eingreift und dasselbe der eben herrschenden Windrichtung gem einstellt, während ein an demselben befestigter Pinsel auf einem Papierstreifen, a welchem die Windrichtungen bezeichnet sind, eine Linie zieht. Der Streifen wick sich auf und wird durch ein Uhrwerk jede Stunde um 1 Zoll fortgezogen. Zu Messen der Stärke des Windes dient eine Tafel von 1 Quadratfuß Flächeninha welche mit der Windfahne so verbunden ist, daß sie von derselben senkrecht geg den Wind gestellt wird. Als Träger derselben dienen zwei zwischen Friction rollen verschiebbare Arme, die gegen eine Spiralfeder drücken, sobald der Wi gegen die Tafel stößt und diese zurücktreibt. Vermittelst eines Drahtes, welc durch die Röhre, die als Träger dieses Apparates und der Windfahne dient, herа geht, wird unten ein zweiter Pinsel nach Verhältniß der Stärke des Winddru in Bewegung gesetzt und zeichnet auf den nämlichen Papierstreifen Linien, de Länge der Stärke und damit zugleich der Geschwindigkeit des Windes entspricht.

Anhängung, s. Adhäsion.

Anisne, s. Elektrode.

Anker des Magnets, s. Magnet.

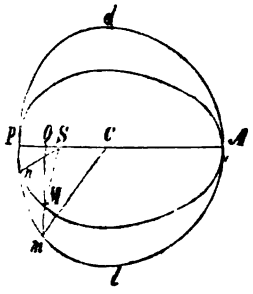
Anlassen ist eine Operation, durch welche man dem Stahle einen Theil i ner Härte und Sprödigkeit nimmt, um denselben zur Bearbeitung für gewisse I strumente vorzubereiten; es geschieht einfach auf die Weise, daß man den St bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt, und zwar um so höher, je mehr m ihn seiner Härte berauben will, und ihn darauf langsam wieder erkalten la So darf man Stahl, aus welchem chirurgische Instrumente verfertigt werden l len, nicht so stark erhitzen, als solchen, der als Material etwa für Sägeblä verwendet werden soll. Die Höhe der Temperatur wird gewöhnlich nach der A lauffarbe des Stahls bestimmt (s. d. Art. Anlaufen). E. W.

Anlaufen sagt man von unedlen Metallen, wenn diese durch Aufnahme v Sauerstoff an der Oberfläche sich oxydiren, dadurch ihren Metallglanz verlie und dabei oft ein mannigfaltiges Farbenspiel zeigen. Das Anlaufen d Silbers ist nicht die Folge einer Oxydation desselben, sondern einer Aufnahme v Schwefel, welcher als Schwefelwasserstoff oft in der Luft verbreitet ist und e Schwärzung des Silbers, wie auch anderer Metalle erzeugt. Man gebraucht obige Benennung ganz besonders bei dem Stahle, welcher die Eigenschaft hat, nach der Höhe der Temperatur verschiedene Farben anzunehmen, welche folgend maßen bestimmt worden sind: bei etwa 204° C. wird der Stahl zuerst blaßg bei 215° strohfarben, bei etwas höherer Temperatur dunkelgelb und dann p purfarben; ferner bei 282° violett, dann dunkelblau und endlich hellblau. E. W.

Anode, s. Elektrode.

Anomalie, (v. d. griech. ἀνομαλία, Ungleichförmigkeit). Wenn n an den wahren Ort M eines Planeten (der sich in einer Ellipse PMAP um

*) Lond. and Edinb. phil. Journ. 1837. Nov. p. 474. British Assoc. 7. Rapp. scription of a self-registering anemometer and Rain-gauge. Birm. 1839. Gehler N. Bd. X. S. 2211.



Sonne herumbewegt) von dem Mittelpunkte der Sonne S eine gerade Linie SM zieht, ſo heißt dieſe der Radius Vector des Planeten, und der Winkel MSP, welchen der Radius Vector mit der Axe (Apſidenlinie) AP, vom Perihelium P an gerechnet, macht, heißt die wahre Anomalie (lat. anomalia vera) des Planeten. Es heißt dieſer Winkel aber eine Anomalie (d. i. Ungleichförmigkeit), weil von demſelben die Ungleichförmigkeit der Bewegung des Planeten abhängt d. h. in gleichen Zeiten dieſer Winkel größer oder kleiner ausfällt, je nachdem ſich der Planet ſchneller oder langſamer in ſeiner Bahn bewegt. — Der Winkel PSn, welchen der Planet von ſeinem Durchgange durch das Perihelium an beſchrieben haben würde, wenn er ſich ſo um die Sonne bewegte, daß der Winkel, den eine Linie von ihm nach dem Mittelpunkte der Sonne gezogen mit der Apſidenlinie macht, gleichförmig wüchſe, heißt die mittlere Anomalie (lat. anomalia media) und der Unterſchied der wahren und mittleren Anomalie MSn heißt die Gleichung des Mittelpunktes (lat. aequatio centri, prosthaeresis). — Durch die wahre Anomalie wird der wahre Ort eines Planeten beſtimmt, deſſen Bahn bekannt iſt, während die mittlere den mittleren Ort deſſelben bezeichnet, d. h. denjenigen, in welchem er ſich zu einer beſtimmten Zeit befinden würde, wenn er ſich mit gleichförmiger Geſchwindigkeit in ſeiner Bahn bewegte. Der um die große Axe der Ellipſe als Durchmeſſer beſchriebene Kreis PmlAd heißt der excentriſche Kreis. Fällt man nun von dem wahren Orte des Sternes, von M, eine Senkrechte MQ auf die Axe PA und verlängert dieſelbe, bis ſie den excentriſchen Kreis ſchneidet, in m, ſo heißt der Winkel mCP, welchen der Radius Cm mit der Axe PA vom Perihelium an gerechnet macht, die excentriſche Anomalie (lat. anomalia excentrica). Ehemals rechnete man die Anomalien vom Aphelium A an, jetzt zählt man dieſelben vom Perihelium P an in einem fort bis zu 360 Gr.

Jeder Planet bewegt ſich auf ſeiner Bahn ſo, daß ſein Radius Vector fortführend in gleichen Zeiten gleiche Flächen (Sectoren oder Ausſchnitte der von der Planetenbahn eingeſchloſſenen Ebene) zurücklegt, und eben deshalb und weil die Sonne nicht im Mittelpunkte, ſondern im Brennpunkte der elliptiſchen Bahn ſteht, müſſen die Winkel, um welche in gleichen Zeiten der Radius Vector gegen die Apſidenlinie ſich fortbewegt, deſto größer ausfallen, je näher der Planet bei der Sonne ſich befindet, und deſto kleiner, je weiter er von derſelben entfernt iſt. Es iſt alſo eine der wichtigſten Aufgaben der Aſtronomie, den Winkel der wahren Anomalie aus der Größe des zu derſelben gehörigen elliptiſchen Sectors abzuleiten. Jene Aufgabe wurde zuerſt von Kepler aufgeſtellt und gelöſt und wird deswegen das Kepler'ſche Problem genannt.

Anorthoſkop (v. d. griech. ἀνορθοῦν, welches Schiefes gerade machen, wiederherſtellen bedeutet, und σκοπεῖν ſehen) nennt Plateau *) ein von ihm erfun-

*) L'Institut, N. 148. p. 79. Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 464.

denes Instrument. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus: 1) Einer Reihe trans parenter Scheiben, mit unförmlichen Figuren darauf. 2) Einer schwarzen Pap scheibe mit mehreren Spalten. 3) Einer mechanischen Vorrichtung, enthalten eine große Rolle mit doppelter Hohlkehle, die zwei kleinere, von ungleichem Durch messer auf einer gemeinschaftlichen Axe, in Umlauf setzt. Beim Gebrauche d Instruments steckt man die schwarze Scheibe auf die vordere der kleinen Rolle (welche auf der Seite der Handhabe an der großen befindlich ist) und eine der tran parenten Scheiben auf die hintere; dann beleuchtet man die letzte Scheibe von d Rückseite, stellt sich einige Fuß vom Instrument entfernt, die Augen in der Hö der kleinen Rollen haltend, und läßt eine zweite Person die Handhabe drehe Obwohl sich dann die transparente Scheibe in Wirklichkeit mit großer Geschwi digkeit dreht, scheint sie doch still zu stehen, und die mißgestalteten Figuren sind vollkommen regelmäßige umgewandelt. Diese Art von Illusionen beruht auf d Dauer der Eindrücke auf die Netzhaut. Gesetzt nämlich, es sei nur eine Spal in der schwarzen Scheibe; während sie und die transparente Figur hinter ihr s drehn, kommen alle Theile dieser Figur successiv der Spalte gegenüber, und erfolgt daraus offenbar für das Auge eine Reihe continuirlicher, neben einand liegender Eindrücke, die durch ihre Dauer auf der Netzhaut unter sich verknü werden. So erzeugt sich nach jedem Umlauf der Spalte eine continuirliche Figu die mit der transparenten in gewisser Beziehung steht. Wenn nun die Spa nach jedem ganzen Umlauf in dieselbe Lage gegen die transparente Figur gelan so erzeugen alle Umläufe durchaus einerlei Resultate, die sich auf der Netzha überdecken und folglich die Empfindung einer beständigen und unbeweglichen Fig hervorbringen. Drehte sich die transparente Scheibe nicht, sondern bloß Spalte, so würde man offenbar bloß die auf die Scheibe gezeichnete Figur erblick nur ein wenig an Helligkeit vermindert; allein sowie die transparente Scheibe dreht, kann das Resultat begreiflicherweise nicht mehr dasselbe sein, und wenn m regelmäßige Figuren erblicken soll, müssen die Figuren auf der transparen Scheibe mißgestaltet gezeichnet werden, nach einem Gesetze, welches abhängt v dem Geschwindigkeitsverhältniß beider Scheiben und von der relativen Richtu ihrer Bewegungen. Eine Vervielfältigung der Spalten in der schwarzen Sch hat keine andere Wirkung, als daß sie die Helligkeit des resultirenden Bil erhöht. Die Anzahl und die Lage dieser Spalten sind so zu bestimmen, daß von ihnen erzeugten Figuren einander genau überdecken. Sind endlich die Be gungen der Scheiben entgegengesetzt, so wird sich die Figur, indem sie regelmä wird, zugleich vervielfältigen. Durch ein wenig Nachdenken ist nämlich einzusel daß dann alle Punkte der transparenten Scheibe hinter der Spalte hinweggegan sein werden, ehe diese einen Theil, z. B. ein Fünftel ihres Umlaufs vollendet so daß schon bei diesem Fünftel eine Wirkung entsteht, wie zuvor bei einem ga Umlaufe. Daraus entsteht dann eine Reihe regelmäßiger Figuren, die symmetr um den Mittelpunkt liegen.

Anthotypie (v. d. griech. ἄνθος Blume und τύπος Form, Bild) ist von John Herschel in neuerer Zeit angegebene Kunst, mittelst einer g Camera obscura sogenannte Lichtbilder auf solchem Papier hervorzubringen, ches kurz vorher mit dem geistigen Extracte eines beliebigen Pflanzen-Farbesto imprägnirt ist, übrigens aber von dem Verfahren, Lichtbilder auf photogenisch Papier zu erzeugen, in nichts abweicht. J.

Anthrakometer (Kohlensäuremesser, v. d. griech. ἄνθραξ Kohle und μετρεῖν messen) ist ein Instrument, welches angewendet wird, um den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft oder in einem Gasgemenge zu bestimmen; besonders wird mit der obigen Benennung der Apparat bezeichnet, den Humboldt*) beschrieben und in seinen Untersuchungen angewendet hat, der aber später durch zweckmäßigere Vorrichtungen verdrängt worden ist. Derselbe bestand in einer gekrümmten, etwa 3 bis 5 Linien weiten Röhre, welche sich an dem einen Ende in eine Kugel von 1,2 bis 1,3 Zoll Durchmesser endigte, an dem andern Ende eine messingene Hülse trug, in welcher eine etwa 7 Zoll lange graduirte Glasröhre befestigt war, die aber mittelst eines Ventils und eines metallenen Aufsatzes nach Belieben verschlossen und geöffnet werden konnte. Bei dem Versuche goß man in die Glaskugel und die gekrümmte Röhre kaustische Ammoniakflüssigkeit oder Kalkwasser; nachdem man die Höhe der Luftsäule nach dem Schließen des Ventils in der graduirten Röhre gemessen hatte, ließ man durch Umkehren des Apparates die Luft in die Glaskugel hineingehen, wobei die in derselben enthaltene Kohlensäure vollständig absorbirt wurde; die in die graduirte Röhre getretene Flüssigkeit sank etwas in Folge dieser Absorption; öffnete man nun das Ventil, füllte die Röhre vollständig mit Flüssigkeit, schloß darauf das Ventil und ließ nun die Luft wiederum aus der Kugel in die graduirte Röhre treten, so bemerkte man, wie viel von der Luft verschwunden war. Da jedoch die Luft comprimirt war, so nahm man die graduirte Röhre von der gekrümmten Röhre ab und senkte sie soweit in Wasser ein, bis das Niveau außerhalb und innerhalb der Röhre gleich hoch stand. Gleichzeitig war der Stand des Barometers und Thermometers vor und nach dem Versuche zu beobachten.

E. W.

Antimon (Spießglanz, Spießglas, Spießglanzkönig, Stimmi), ein Metall, welches auf künstlichem Wege zuerst gegen das Ende des 15. Jahrhunderts von Basilius Valentinus dargestellt wurde, der auch schon damals die Darstellung vieler Verbindungen dieses Metalles beschrieb, von denen einige schon den Alten bekannt gewesen zu sein scheinen. Es kommt in der Natur zuweilen im gediegenen Zustande vor, gewöhnlich jedoch etwas Nickel, Silber, Eisen oder Arsenik enthaltend; am häufigsten findet es sich in Verbindung mit Schwefel, entweder für sich allein als Grauspießglanzerz (Antimonglanz) oder chemisch mit anderen Schwefelmetallen verbunden, als Berthierit, Federerz, Jamesonit, Plagionit, Zinkenit, Bournonit, Fahlerz, Antimonnickelglanz, Kupferantimonglanz, Miargyrit, Polybasit ꝛc., auch verbunden mit Antimonoxyd (Rothspießglanzerz); ferner als reines Antimonoxyd (Antimonblüthe) und als antimonige Säure (Antimonocker). Die Darstellung des Antimons aus seinen Verbindungen, namentlich aus dem am häufigsten in der Natur vorkommenden Schwefelantimon kann auf mehrfache Weise geschehen; am leichtesten durch Reaction des Schwefelantimons mittelst Eisen, indem das letztere schon bei schwacher Rothhitze dem Antimon allen Schwefel entzieht; man wendet jedoch eine starke Rothhitze an, um das gebildete Schwefeleisen zum Schmelzen zu bringen, welches in geschmolzenem Zustande über dem Antimon sich ansammelt und leicht von demselben getrennt werden kann. Die Schmelzung des Schwefeleisens wird erleichtert,

*) Pogg. Ann. Bd. III. S. 77.

wenn man zu der Masse eine gewisse Menge kohlensaures Kali oder Natron od
Salpeter hinzufügt, indem dadurch Schwefeleisenkalium oder Schwefeleisennatriu
sich bildet. Berthier hält das folgende Mischungsverhältniß für das vorthe
hafteste: 100 Th. Schwefelantimon, 55 bis 60 Th. Hammerschlag, 45 Th. ko
lensaures Kali und 10 Th. Kohle, wobei er 69 Antimon erhielt; Liebig*) dage
schlägt das folgende vor: 100 Th. Schwefelantimon, 42 Th. Eisen, 10 3
trocknes schwefelsaures Natron und $2^1/_2$ Th. Kohle, welche Mischung 60 bis
Th. Antimon liefert. Auch erhält man reines Antimon, wenn man das geröst
und dadurch in eine Mischung von antimoniger Säure und Antimonoxyd verw
delte Schwefelantimon (Antimonasche) mit 1 Th. Kohle und $^1/_2$ Th. Pottasche
schwacher Glühhitze in einem bedeckten Tiegel schmilzt; oder wenn man 8 Th.
gerösteten Schwefelantimons mit 6 Th. Weinstein und 2 bis 3 Th. Salpeter erh
Das im Handel vorkommende Antimon ist meist durch Eisen, Schwefel, B
Kupfer und oft durch Arsenik verunreinigt; man sondert diese Beimengungen
durch mehrmaliges Umschmelzen nach Zusatz von etwas Schwefelantimon und k
lensaurem Natron; es bildet sich dadurch eine Schlacke von Schwefelmetallen,
von dem Regulus abgeschlagen werden kann. — Das reine Antimon ist zi
weiß und lebhaft glänzend, nicht besonders hart, aber spröde und leicht zu pulve
ren; krystallisirt meist in würfelähnlichen Rhomboedern, deren Endkantenwi
87° 39′ beträgt, der Hauptblätterdurchgang ist parallel diesem Rhomboed
zuweilen zeigt sich auch noch ein stumpferes Rhomboeder (Endkantenwinkel
117° 15′). Bei raschem Erkalten ist der Bruch großblätterig, bei langsa
körnig krystallinisch. Das specifische Gewicht fand Karsten = 6,7006, Br
son = 6,702, Hatchett = 6,712, Marchand und Scheerer bei
= 6,715, Böckmann = 6,723, Bergmann = 6,860. Es schmilzt
schwacher Rothglühhitze, nach Dalton bei 432°, nach Guyton-Morv
bei 513° C., und zwar um so leichter, je reiner es ist; beim Erstarren soll es
stark ausdehnen **); Marx ***) jedoch fand, daß dieses bei dem reinen Anti
nicht der Fall sei, wohl aber bei Legirungen desselben mit Wismuth in dem
hältniß von 1 zu 1, 1 zu 2 und selbst zu 4. Bei Zutritt der Luft verdamp
schon bei schwacher Rothglühhitze unter Bildung von Antimonoxyd; wird es
der Luft bis zum Kochen erhitzt, so entzündet es sich und brennt mit lebha
bläulichweißer Flamme zu Antimonoxyd; bei Abschluß der Luft läßt es sich in
Weißglühhitze nur in einem Strome von Wasserstoffgas und einem andern in
stofffreien Gase destilliren. Das Antimon zerlegt in der Rothglühhitze das W
ser mit vieler Lebhaftigkeit, in noch höherer Temperatur sogar mit Explosion
feuchter Luft verliert es seinen Glanz und überzieht sich mit einer Schicht von S
oxyd, welches man in reichlicherer Menge erhält, wenn man den positiven
der Säule mit Wasser, in welchem Antimonpulver sich befindet, in Verbin
setzt. Das sich als blaugraues, leichtes und flockiges Pulver abscheidende Sub
ist nach der Ansicht mehrerer Chemiker nur ein Gemenge von Metall und
(Proust).

Die scharf charakterisirbaren Sauerstoffverbindungen des Antimons
Antimonoxyd ($Sb^2 O^3$), antimonige Säure ($Sb^2 O^4$) und Antim

*) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 416.
**) Handwörterb. der Chemie Bd. I. S. 417.
***) Schweigg. Journ. Bd. VIII. S. 464.

säure (Sb^2O^5). Das erstere, welches im unreinen Zustande auch Spießglanzglas heißt und in der Natur als Weißspießglanzerz oder Antimonblüthe sich vorfindet, erhält man durch Glühen oder Verbrennen des Antimons an der Luft, wo es als weißer Nebel aufsteigt und sich an kälteren Körpern als ein weißes, lockeres Pulver oder in feinen glänzenden Nadeln (Spießglanzblumen, Flores Antimonii argentei, Nix Stibii) anlegt. Auch erhält man dieses Oxyd, wenn man Antimon mit Salpeter und zweifach schwefelsaurem Kali zusammenschmilzt, die geschmolzene Masse zuerst mit reinem, dann mit schwefelsäurehaltigem und dann wieder mit reinem Wasser behandelt, oder auf andere Weise. Das Antimonoxyd ist dimorph; die Krystalle des in der Natur vorkommenden gehören dem zwei- und zweigliedrigen Systeme an und bilden eine Säule von 136° 58′ mit Abstumpfung der scharfen Seitenkante und einer auf der letzteren aufgesetzten Endzuschärfung von 76° 32′; das specifische Gewicht ist = 5,56 (Mohs); die Krystalle sind demantglänzend, farblos und durchscheinend. Die durch Verbrennen des Antimons erhaltenen stark glänzenden Nadeln gehören demselben Krystallsystem an und haben nach Boullay ein specifisches Gewicht = 5,778. Bei dem Verbrennen des Antimons bilden sich zuweilen ganz andere Krystalle von Antimonoxyd, die regelmäßige Oktaeder darstellen (Bonsdorff und Mitscherlich, Gibler, H. Rose, Berzelius), die man nach Mitscherlich *) auch auf nassem Wege erhalten kann, indem sie oft aus der Auflösung in kochendem Natron beim Erkalten derselben anschießen. Das auf nassem Wege, durch Fällung des salzsauren Antimonoxydes mittelst vielen Wassers, erhaltene Präparat zeigt sich als ein gelblich oder graulich weißes Pulver; alles Antimonoxyd wird beim Erhitzen gelb, schmilzt leicht in schwacher Rothglühhitze und erstarrt, sobald es kalt ist, zu einer grauweißen, strahlig-krystallinischen, seidenglänzenden Masse; verflüchtigt sich bei höherer Temperatur und bildet weiße geruchlose Nadeln. Die Wirkung desselben ist brechenerregend; es soll nach Berzelius in Wasser, besonders in kochendem, sich ein wenig auflösen, ohne bei dem Erkalten desselben wieder abzuscheiden. Das Spießglanzglas (Vitrum Antimonii) ist durch Schwefelantimon verunreinigtes Antimonoxyd (nach Proust enthält es 88,9 Antimonoxyd auf 11,1 Schwefelantimon) und erscheint als schwere, spröde, durchscheinende, bei auffallendem Lichte rothschwarze, bei durchfallendem hyacinthrothe, glasartige Masse, die im Uebrigen fast wie das reine Oxyd sich verhält. Gegen Säuren verhält sich das Antimonoxyd als schwache Base; die Antimonoxydsalze enthalten, da in dem Antimonoxyd 3 At. Sauerstoff vorhanden sind, im neutralen Zustande 3 At. Säure und sind farblose oder blaßgelbe, größtentheils in Wasser lösliche Körper, die einen schwach metallischen Geschmack haben und auf brechenerregend wirken, durch viel Wasser in saure und basische Salze zerlegt, durch Schwefelwasserstoff braunroth oder orangegelb gefärbt und durch Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Eisen und Kobalt als schwarzes Metallpulver vollständig gefällt werden. Die in Wasser unlöslichen Salze werden durch Salzsäure aufgelöst und verhalten sich in diesem Zustande gegen Reagentien ebenso wie die durch Wasser verflüssigten Lösungen. Die einfachen Salze des Antimonoxyds bieten wenig Bemerkenswerthes dar; das essigsaure Salz kann man krystallisirt erhalten, ebenso das oxalsaure und das citronsaure Antimonoxydkali. Das

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XIX. S. 455.

wichtigſte von allen hierher gehörigen Salzen, iſt der in der Medicin ſo häufig ang
wendete Brechweinſtein oder das weinſteinſaure Antimonoxy
Kali. Man erhält es durch Digeriren von gleichen Theilen Antimonoxyd u
Weinſtein mit 5 bis 6 Th. Waſſer; aus der Löſung kryſtalliſirt beim Erkalten
Brechweinſtein heraus; die Kryſtalle verlieren nach einiger Zeit ihre Durchſich
keit, ohne Waſſer zu verlieren. Die Zuſammenſetzung des Salzes zeigt die f
gende Formel nach Berzelius, Mitſcherlich u. A.: $KO, \bar{T} + Sb^2O^3, + 2H^2O$; ($T = C^4H^4O^5$); nach Liebig iſt die Zuſammenſetzung des
100° getrockneten Salzes $= \bar{T}, KO, Sb^2O^3$ oder $\bar{T}, 2KO + \bar{T}, 2Sb^2O$
($\bar{T} = C^8H^4O^8$). Berzelius glaubt, daß das Antimonoxyd zwei Reih
von Salzen bildet, das oktaedriſche (ſ. oben) eine Reihe von anderen Salzen
das prismatiſche Oxyd, weil man nämlich zuweilen bei der Darſtellung des Bre
weinſteins ein gummiartiges Salz erhält, welches weinſaures Kali und Antimo
oxyd enthält; da aber der Brechweinſtein eine Verbindung von baſiſch weinſ
rem Antimonoxyd mit neutralem weinſaurem Kali iſt, ſo dürfte es leicht ſein, daß
erwähnte gummiartige Salz nichts weiter iſt, als die neutrale Verbindung KO
$+ Sb^2O^3, 3\,T$ (Liebig) *). Auf ähnliche Art, wie das Kalidoppelſ
erhält man auch das Natron- oder Ammoniakdoppelſalz der Wei
ſteinſäure, ſowie auch die Doppelſalze anderer Säuren, von denen namentl
das traubenſaure, oxalſaure und das citronſaure Antimonoxy
Kali in beſtimmbaren Kryſtallen dargeſtellt werden können. Das Antimonox
verhält ſich gegen kauſtiſche Alkalien wie eine ſchwache Säure; es verbindet ſich
denſelben zu einem ſchweren, körnig-kryſtalliniſchen, weißen Pulver (untera
timonigſaure Alkalien); die Auflöſungen dieſer Verbindungen, der L
ausgeſetzt, abſorbiren ſchnell Kohlenſäure und Sauerſtoff und ſetzen an den W
den und dem Boden des Gefäßes regelmäßige Kryſtalle von ſauren antimonigſ
ren Alkalien ab.

Antimonige Säure erhält man durch Glühen des ſalpeterſauren A
monoxyds oder der Antimonſäure, oder auch durch längeres Erhitzen des A
mons, Schwefelantimons oder des Antimonoxyds an der Luft. Sie bildet
weißes, in Waſſer unlösliches Pulver, das beim Erhitzen ſtrohgelb wird, a
weder ſchmilzt noch ſich verflüchtigt, in der Löthrohrflamme lebhaft leuchtet
nur in der innern Flamme langſam abnimmt; das ſpecifiſche Gewicht fand Ka
ſten = 6,6952. Wird das in Waſſer gelöſte antimonigſaure Kali oder Nat
mittelſt einer Säure zerſetzt, ſo fällt eine flockige Subſtanz nieder, welche das H
drat der antimonigen Säure, in concentrirter Schwefelſäure etwas
in Salzſäure leicht löslich iſt und beim Erhitzen die ganze Menge ſeines Waſſe
5,26 Proc. = 1 At., verliert. Die neutralen Salze der antimonigen Säure
halten in der Baſis $^1/_4$ von der Sauerſtoffmenge der Säure; die Verbindun
mit Alkalien, von denen man das Kali-, Barytſalz ꝛc. als kryſtalliniſ
Pulver darſtellen kann, ſind in Waſſer auflöslich, die anderen, wie auch die
ren Salze entweder ſchwer oder gar nicht löslich.

Antimonſäure, rein zuerſt 1811 von Berzelius dargeſtellt, in
Natur als Antimonocker vorkommend, erhält man durch Erhitzen des Met
oder der niederen Oxydationsſtufen mit Salpeterſäure. Sie erſcheint als

*) Handwörterb. der Chemie. Bd. I. S. 430.

strohgelbes oder blaßcitrongelbes, ſich durch Erhitzung, ohne zu ſchmelzen, dunkelorange färbendes Pulver, welches geſchmacklos, im Waſſer unlöslich, das Lakmus nicht röthend und unſchmelzbar iſt und nach Boullay ein ſpecif. Gewicht = 6,525 hat. Es verbindet ſich mit Waſſer zu Antimonſäurehydrat, welches ein lockeres, weißes, Lakmus röthendes und in Waſſer unlösliches Pulver darſtellt und 5,09 = 1 At. Waſſer enthält. Die Antimonſäure bildet mit den Baſen, zu welchen ſie übrigens nur geringe Verwandtſchaft zeigt, die antimonſauren Salze, von denen die antimonſauren Alkalien bei vorherrſchenden Säuren in Waſſer unlöslich, die neutralen und baſiſchen aber zum Theil löslich ſind, zum Theil in der Hitze verglimmen (namentlich das Zink-, Kobalt- und Kupfer-Salz) und ſich dann ſchwer zerlegen laſſen. In den neutralen Salzen verhält ſich der Sauerſtoff der Baſe zu dem der Säure wie 1 : 5. Die ſauren Salze enthalten auf 1 At. Baſis 2 At. Säure (Berzelius) und nach Fremy giebt es auch Salze, welche auf 1 At. Säure $1^1/_2$ und 2 At. Baſis beſitzen und durch Glühen von einfach-antimonſaurem Alkali mit überſchüſſigem Alkali erhalten werden können. Das neutrale antimonſaure Kali erhält man durch Verpuffen von 1 Th. Antimon mit 6 Th. Salpeter, Auswaſchen mit kaltem und Auflöſen in heißem Waſſer; die Auflöſung bedeckt ſich, bei dem Eindampfen bis zur Honigdicke, mit einer aus kleinen Kryſtallkörnern beſtehenden Haut, und bildet nach dem Erkalten eine weiße kryſtalliniſche Salzmaſſe, welche ſtärker erhitzt honiggelb und, nachdem ſie ihren ganzen Waſſergehalt verloren hat, wieder weiß wird. Das ſaure antimonſaure Kali (Antimonium diaphoreticum ablutum, Cerussa antimonii, Calx antimonii alba) bleibt bei einer ähnlichen Behandlung von 1 Th. Antimon mit 3 Th. Salpeter nach dem Auskochen mit Waſſer zurück. Nimmt man ſtatt des Antimons Schwefelantimon, ſo erhält man das Antimonium diaphoreticum (ſchweißtreibendes Spießglanzoxyd), ein obſolet gewordenes pharmaceutiſches Präparat, welches ein Gemenge von ſchwefelſaurem, ſaurem antimon- und antimonigſaurem Kali (Liebig) iſt.

Bei dem Auflöſen einer Legirung von Zink und Antimon in verdünnter Schwefelſäure oder Salzſäure und bei dem Auflöſen von Zink in einer verdünnten, mit Antimonoxyd oder einer Verbindung deſſelben verſetzten Schwefelſäure oder Salzſäure erhält man das Antimonwaſſerſtoffgas, ein weißes, eigenthümlich riechendes Gas, welches ſich in vieler Hinſicht dem Arſenwaſſerſtoff ähnlich verhält (ſ. d. Art. Arſenik).

Von Wichtigkeit, beſonders wegen ihrer vielfachen mediciniſchen Anwendung, ſind ferner die Verbindungen des Antimons mit Schwefel, ſowie die Präparate, zu deren Bereitung dieſe Schwefelungsſtufen das Hauptmaterial liefern. Das kryſtalliſirte Dreifach-Schwefelantimon (Antimonſulfür, graues Schwefelantimon, roher Spießglanz, Antimonium crudum), als Schwefelſpießglanz ſchon den alten Griechen bekannt, findet ſich häufig in der Natur als Grauſpießglanzerz, welches zur Darſtellung des reinen Schwefelantimons nur ausgeſchmolzen zu werden braucht. Künſtlich erhält man es ebenfalls durch Zuſammenſchmelzen ſeiner Beſtandtheile, oder von einem Oxyde des Antimons mit überſchüſſigem Schwefel; nach einer Vorſchrift z. B. durch Zuſammenſchmelzen von 20 Th. käuflichem Antimon mit 11 Th. Schwefel. Das natürliche findet ſich manchmal in zwei- u. zweigliedrigen Oktaedern (Endkantenwinkel = 107° 56′) und deren Abänderungen kryſtalliſirt, das künſtlich dargeſtellte erſcheint

als eine strahlig krystallinische Masse von hellbleigrauer Farbe und metallischem Glanz, die spröde und leicht zu pulverisiren ist, ein schwarzgraues (das chemisch-rein nach Rose ein rothbraunes) Pulver giebt, geschmacklos, fast unlöslich in Wasser leicht schmelzbar, im verschlossenen Raume unzerlegbar und in der Hitze sehr schwe zu verflüchtigen ist, jedoch bei abgeschlossener Luft sich unzersetzt überdestilliren läßt Das specif. Gew. ist nach Mohs 4,620, nach Breithaupt 4,626 und das de durch Schwefelwasserstoff aus der salzsauren Auflösung gefällten und geschmolzene nach Karsten 4,752. — Amorphes Dreifach-Schwefelantimo (Mineralkermes, Carthäuserpulver, Kermes minerale, Pulvi Carthusianorum) erhält man in den Apotheken dadurch, daß man 4 Tl Antimon und 2 Th. Schwefel, oder ungefähr 5 Th. Antimonsulfür mit 3 Tl wasserfreiem kohlensaurem Natron *), oder nach Liebig, wenn man 4 Tl Schwefelantimon mit 1 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron zusammenschmilz dann die Masse nach dem Erkalten fein reibt, diese Masse mehrmals mit Wasse auskocht und heiß filtrirt; die Auflösung enthält dann eine Verbindung von Ant monsulfür (Mineralkermes) mit Schwefelnatrium, während das Antimonoxyd un Antimonoxydsulfür, welches bei dem Schmelzen in größerer oder geringerer Quan tität sich zu bilden pflegt, ungelöst zurückbleibt. Der reine Mineralkermes ist na Berzelius, Rose, Gmelin und Fuchs als amorphes Dreifachschwefelant mon zu betrachten; er bildet in diesem Zustande ein lockeres, braunrothes, samme artiges Pulver, das ein specif. Gewicht = 4,15 hat, auf Papier gerieben eine rothen Strich giebt, geschmack- und geruchlos ist und in sehr geringen Dose brechenerregend wirkt. Liebig hält den Kermes für eine Verbindung von Schwe felantimon mit Antimonoxyd. Nach den Untersuchungen von H. Rose ist er, w angeführt, Dreifach-Schwefelantimon, verunreinigt oder verbunden mit eine größeren oder geringeren Menge von Schwefelnatrium oder Schwefelkalium. Ein bestimmte Verbindung von Schwefelantimon mit Antimonoxyd bildet dagegen di sogenannte Crocus Antimonii ($Sb^2O^3 + 2\,Sb^2S^3$), welche Verbindung auch in der Natur in rothen Nadeln krystallisirt vorkommt und unter dem Name von Rothspießglanzerz bekannt ist. Das so eben beschriebene Schwefelan timon verhält sich gegen andere Schwefelmetalle auf nassem Wege wie eine sehr schwache Säure; jedoch hat man bisher aus den Auflösungen, namentlich der Alka lien, keine krystallisirbaren Verbindungen erhalten können; in der Natur dagegen kommen schön krystallisirte Verbindungen vor, die je nach ihrer Zusammensetzung verschiedene Namen erhalten haben (s. oben). Dreifach-Schwefelanti monkalium (Spießglanzleber, Hepar Antimonii) läßt sich durch Zusammenschmelzen von Schwefelantimon mit schwefelsaurem Kali und Kohle oder von kohlensaurem Kali und Kohle darstellen; es bildet eine dunkelbraune alka lische Masse, schmilzt leicht und erstarrt beim Erkalten unter starkem Zusammen ziehen, Knistern und Zerspringen (Marx); bei stärkerem Glühen mit Ausschluß der Luft wird es zersetzt unter Abscheidung von metallischem Antimon, so daß ihr Lösung in Wasser bei Zusatz von Säure zuerst Kermes und hierauf das helle Schwefelantimon absetzt. — Fünffach-Schwefelantimon (Antimon sulfid, goldfarbiger Spießglanzschwefel, Goldschwefel, Sul phur Antimonii auratum) wird erhalten, wenn man eine Auflösung von

*) Mitscherlich, Lehrb. Bd. II. S. 466.

Fünffach-Schwefelantimonnatrium mit Schwefelsäure versetzt und den dadurch bewirkten Niederschlag sammelt, oder nach Berzelius durch Zusammenschmelzen von 4 Th. kohlensaurem Kali, 5 Th. Schwefelantimon und 1 Th. Schwefel zu Spießglanzleber und Auflösung der Masse in heißem Wasser. Man erhält so ein leichtes, lockeres, lebhaft orangefarbenes Pulver, welches fast geschmack- und geruchlos, unlöslich in kaltem Wasser ist und durch wässeriges Ammoniak, Kali und Natron in der Wärme vollständig aufgelöst wird; seine Wirkung ist der des Mineralkermes gleich, wenn der letztere rein und frei von Antimonoxyd und antimonsaurem Alkali ist; wegen dieser Verunreinigungen des Kermes, wodurch er brechenerregend wirkt, hat man die Anwendung des Kermes aufgegeben und verschreibt statt dessen jetzt fast allgemein Sulphur auratum (Mitscherlich). Das Antimonsulfid verbindet sich auf nassem Wege mit allen Schwefelbasen. Das Natriumantimonsulfid (Schlippe'sches Salz) erhält man durch Digeriren von 8 At. Schwefelantimon, 18 At. kohlensaurem Natron, 36 At. Kalkerde und 16 At. Schwefel mit Wasser in einem eisernen Kessel (Mitscherlich). Die filtrirte Auflösung setzt beim Verdampfen große, gelblich gefärbte, regelmäßige Krystalle ab, die Ecken abgestumpft oder mit 3 Flächen zugespitzt (Dodekaeder). Es ist zusammengesetzt nach der Formel $3\,Na\,S, Sb^2S^5 + 18$ aq und verliert im Vacuum über Schwefelsäure nach Duflos 20,5 Proc. Wasser; die Verbindung ist übrigens luftbeständig, von anfangs kühlendem, dann widerlich stechendem, metallisch schwefligem Geschmack; Weingeist schlägt aus der wässerigen Lösung ein weißes Salz nieder und färbt sich schnell gelb, unter Ablagerung von weißlichen Flocken, die bald orangegelb werden. Das Calciumantimonsulfid oder das von Hoffmann entdeckten und als Geheimmittel verkauften, sogenannten Spießglanzkalk (Calx Antimonii cum Sulphure Hoffmanni) erhält man nach Hoffmann durch Glühen eines innigen Gemenges von 3 Th. Schwefelantimon, 4 Th. Schwefel und 16 Th. reinem Kalk in einem verschlossenen Tiegel, als ein weißgelbliches, schwach nach Schwefelwasserstoff riechendes Pulver von scharfem, schwefligem Geschmack, das sich übrigens wie andere Schwefelmetalle verhält.

Mit Chlor geht das Antimon 2 Verbindungen ein; die niedrigste Chlorstufe, das Dreifach-Chlorantimon (Spießglanzbutter, Butyrum Antimonii, Causticum antimoniacale, Antimonchlorid) erhält man durch Hinüberleiten von Chlor über erhitztes Schwefelantimon, oder durch Destillation von 3 Th. (1 At.) Antimon mit 8 Th. (beinahe 3 At.) Quecksilbersublimat; bei gewöhnlicher Temperatur ist es fest und krystallisirt leicht, bei 72° schmilzt es zu einem farblosen und gelblichen Oel (Capitaine), welches bei 197° (Carey) in ein farbloses Gas von 7,3 specif. Gewicht sich verwandelt. An der Luft zieht es Wasser an, zerfließt und zersetzt sich unter Bildung von Antimonoxyd, welches in Verbindung mit Dreifachchlorantimon als sogenanntes Algarothpulver (Pulvis Algaroth s. angelicus, Mercurius vitae) niederfällt, weißes Pulver oder feine grauweiße stark glänzende Nadeln, welche beim Erhitzen schmelzen und bei der Destillation in überdestillirendes Antimonchlorid und in zurückbleibendes Antimonoxyd zerfallen. — Fünffach-Chlorantimon (Antimonsuperchlorid) bildet sich bei gelindem Erhitzen von Antimon in einem Strome von Chlorgas oder durch Verbrennen von Antimonpulver im Chlorgase bei gewöhnlicher Temperatur. Farblose oder blaßgelbe Flüssigkeit, die bei

einer niedrigen Temperatur fest wird, bei etwas erhöhter unter theilweiser Ze
setzung überdestillirt. Die Flüssigkeit riecht höchst widrig ätzend, raucht stark a
der Luft und zieht Feuchtigkeit an, wodurch sie in eine weiße Krystallmasse ve
gewässertem Antimonsuperchlorid oder krystallisirter salzsaurer Antimo
säure verwandelt wird. — Mit Brom, Jod und Fluor geht das Antim
denen des Chlors analoge Verbindungen ein. — Das Antimon bildet mit d
Metallen Legirungen und verhält sich gegen dieselben meist wie das Arsenik u
Tellur. Mit Arsenik findet sich das Antimon theils natürlich verbunden, a
Arsenikspießglanz, theils lassen sich beide Körper leicht zu einem spröden leichtflü
sigen Gemisch, welches das Ansehen des Antimons hat, zusammenschmelzen. E
Gemisch von gleichen Theilen Schwefel, Antimon und weißem Arsenik war früh
unter dem Namen Pyrmesonstein (arsenikalischer Magnet, spie
glanzhaltiger Arsenikrubin) officinell. — Mit Kalium und N
trium vereinigt sich das Antimon unter Feuerentwicklung. Das Antimo
kalium ist eine graue, strahlig krystallinische, metallisch glänzende Masse, wel
an der Luft schnell matt und schwarzgrau wird und dabei zu Pulver zerfäl
Wirft man das frisch bereitete in Wasser, so zerspringt es unter Detonation, bi
weilen unter Erglühen, und entwickelt rasch Wasserstoffgas, welches, wenn Ar
nik im Antimon war, Arsenikwasserstoffgas enthält. Auch durch Glühen d
Brechweinsteins in verschlossenen Gefäßen entsteht kohlehaltiges Antimonkalim
welches sich an der Luft von selbst entzündet.

Die Abscheidung und Bestimmung des Antimons geschieht m
stens mittelst Schwefelwasserstoff; man erhält dabei ein der in der Flüssigkeit vo
handenen Oxydationsstufe entsprechendes Schwefelantimon; um die Fällung v
Antimonoxyd in einer verdünnten Auflösung zu verhindern, muß man Weinstei
säure hinzusetzen oder mit einer wässerigen Auflösung von Weinsteinsäure die Flü
ssigkeit verdünnen. Ferner läßt man die Flüssigkeit nach der Sättigung mit Sch
felwasserstoffgas an einem etwas erwärmten Orte stehen, bis aller Geruch n
Schwefelwasserstoff verschwunden ist, ehe man den gebildeten Niederschlag abfiltri
weil sonst etwas Schwefelantimon aufgelöst bleibt. Man sammelt den Nied
schlag auf einem gewogenen Filtrum, trocknet und wiegt, und bestimmt, weil d
selbe oft aus verschiedenen Schwefelungsstufen des Antimons besteht, die Men
des in demselben enthaltenen Schwefels, welche man von der gefundenen
Schwefelantimons abzieht, um die gesuchte Quantität das Antimons zu erhalt
Die Methoden, welche man bei diesen Operationen anzuwenden hat, findet m
in dem Artikel Analyse bei Gelegenheit der Beschreibung der quantitativ-anal
tischen Untersuchung des Fahlerzes ausführlich beschrieben, wo auch die Tre
nung des Antimons von dem Arsenik und anderen Metallen besprochen wurde.
Von Zinn kann man das Antimon auf die Weise trennen, daß man, wenn m
mit einer Legirung beider Metalle zu thun hat, in der mit Salzsäure durch G
zufügung von chlorsaurem Kali bewerkstelligten Auflösung das Antimon mit
eines reinen Zinnstreifens aus der erwärmten Flüssigkeit durch längere Berühru
mit derselben metallisch niederschlägt und so bestimmt. Oder: man bringt
salpetersäurefreie in einem Glaskolben enthaltene Auflösung beider Metalle
einem blanken Zinkstreifen in Berührung; das entweichende Wasserstoffgas rei
man zuerst durch Hineinleiten in eine kleine mit etwas Wasser versehene Fl
und leitet es dann in einen sogenannten Liebig'schen Kaliapparat, in wel

eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd sich befindet. Nach dem Aufhören der Wasserstoffentwicklung spült man von dem Zinkstreifen alles anhängende Zinn und Antimon ab und läßt den Kolben, welcher jetzt alles Zinn, fast alles Antimon und etwas Zinklösung enthält, ruhig stehen, bis die metallische Masse sich abgesetzt hat; die Flüssigkeit wird dann abgegossen und statt deren Salzsäure in den Kolben gebracht, dieser wieder mit der Waschflasche und dem Kaliapparat in Verbindung gesetzt und erwärmt, wodurch alles Zinn als Chlorür aufgelöst wird, während das Antimon als metallisches Pulver zurückbleibt; dieses wird abfiltrirt und gewogen, und das Zinn aus der Auflösung durch Schwefelwasserstoff gefällt. In dem Liebig'schen Apparat hat sich ein wenig schwarzes Pulver, Antimonoxyd, abgesetzt, in welchem das Antimon für sich bestimmt wird. — Ueber das charakteristische Verhalten des Antimons vor dem Löthrohr s. d. Art. Löthrohr.

E. W.

Antipoden, s. Erde.

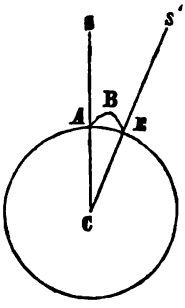
Anwandlungen des leichteren Durchganges und der leichteren Zurückwerfung, s. Farbenringe.

Anziehung, Attraction (v. d. lat. attrahere, anziehen). Es kommen in der Natur eine Menge von Erscheinungen vor, bei denen offenbar Anziehung stattfindet, und welche wir nicht anders erklären können, als durch Annahme einer in ihnen sich äußernden Anziehungskraft. Solche Erscheinungen sind die der Attraction und Cohäsion, der Haarröhrchenanziehung, der Schwere und Gravitation, der chemischen Verwandtschaft, endlich der elektrischen und magnetischen Körpern. Um alle diese verschiedenartigen Erscheinungen unter einen Gesichtspunkt fassen zu können, sind viele Naturforscher geneigt, eine allgemeine Anziehungskraft, welche aller Materie eigenthümlich, derselben zu ihrem Bestehen nothwendig sei, anzunehmen. In diesem Sinne sprach Immanuel Kant von einer Ziehkraft, welcher er eine Stoßkraft (s. d. Art. Abstoßung) entgegensetzte. — Seit Newton nimmt man eine aller Materie eigenthümliche Anziehungskraft an, aber das von Newton *) bewiesene Gesetz derselben erklärt zwar die Erscheinungen der Schwere und der Gravitation (s. d. Art.), nicht jedoch die der Cohäsion und Adhäsion, noch weniger die der chemischen Verwandtschaft und die bei elektrischen und magnetischen Körpern. Newton's allgemeines Gesetz der Anziehung ist, daß sich dieselbe direct verhalte wie die Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung. Indeß sah Newton selbst ein, daß durch Annahme jener Anziehungskraft und jenes Gesetzes, nach welchem sie wirke, keineswegs die physische Ursache der Erscheinungen gefunden sei, sondern nur eine Erfahrung ausgesprochen werde. Wie aber die Erscheinung selbst bei aller Materie vorkommt, sieht man am deutlichsten aus der Massenanziehung. Schon Newton **) behauptete, daß ein Berg, welcher drei englische Meilen hoch und sechs Meilen breit wäre, ein an seinem Fuße

*) Philosophiae naturalis principia mathematica. London 1687. Beste Ausg. Phil. nat. princ. math. perpetuis commentariis illustr. studio P. P. Thomae le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739. 3 Tom. Desgl. 1750. 4 Tom.

**) A treatise of the system of the world by Sir Js. Newton. Lond. 1728. in Opusc. Vol. II. p. 21.

hängendes Loth um 1′ 18″ von der senkrechten Linie abziehen müsse. Man h
später untersucht, ob solch eine Ablenkung des Lothes wirklich stattfinde, und
in der That gefunden. Schon bei der peruanischen Gradmessung suchten Bougu
und Condamine*) zu bestimmen, wie stark das Loth durch die Masse d
Chimborasso abgelenkt werde. Sie glaubten eine Ablenkung um 7″,5 annehm
zu dürfen. Die Untersuchung wird am besten in folgender Art angestellt. Gese



der Kreis um C stelle die Erde und B einen Berg auf ihr vor, d
Stern S befinde sich im Zenith des Beobachters in A, so muß, s
det keine Ablenkung des Lothes durch die Masse des Berges s
die Richtung des Lothes in die gerade Linie SC fallen, und
S′ ein Stern im Zenith des Beobachters in E, so muß das Lo
wenn der Berg keine Ablenkung bewirkt, in die Linie S′C fall
Zieht hingegen der Berg das Loth an, so muß die Richtu
desselben auf der Seite von A nach B abweichen und SC schn
den, und ebenso muß auf der Seite E nach B abweichen u
S′C schneiden. Aus den Winkeln, in denen sich diese Lin
schneiden, läßt sich die Kraft, mit welcher die Bergmasse
Loth ablenkt, bestimmen. Maskelyne und Hutton
stellten in den Jahren 1774 bis 1776 zu beiden Seiten des Berges Shehall
(gälisch Thichallin) in Pertshire an der schottischen Grenze Beobachtungen an,
denen sich ergab, daß die Anziehungskraft eines Berges von 500 Toisen Höhe 5″,
betrage. Zach**) hat ähnliche Beobachtungen angestellt an dem Berge Mi
hinter Marseille, der 300 Toisen hoch ist, und hat eine Ablenkung des Lothes
1″,98 gefunden. Auch das von Maskelyne gefundene Resultat berich
derselbe auf 5″,816. Um auch die Anziehungskraft kleiner Massen zu beobach
hat Cavendish†) die Drehwage benutzt (s. d. Art.). Er hing an
sehr empfindliche Drehwage, welche aus einem 6 F. langen Arme an einem 40
langen dünnen Drahte bestand, Bleikugeln von 2 Z. Durchmesser auf,
bemerkte, als er denselben in einem gegen den Luftzug gesicherten Kasten eine B
masse von 8 Z. Durchmesser näherte, eine Anziehung beider Massen, welche er
dem funfzigmillionsten Theile des Gewichtes der Kugeln gleich bestimmte.

Auch bei den nichtwägbaren Stoffen bemerkt man eine Art von An
hung durch wägbare Stoffe; dahin gehört: das Festgehaltenwerden der Wär
die Erscheinungen bei Lichtsaugern, die Atmosphären der elektrischen und magn
schen Körper. Biot meint in der Anziehung, als einer Eigenthümlichkeit der
terie, einen Beweis für die Materialität auch der sogenannten unwägbaren Stoff
finden.

Im Allgemeinen können wir mit Parrot††) unterscheiden: Anziehu
in der Entfernung, als Ursache der Schwere und Gravitation; Anziehu

---

*) La figure de la terre determinée par les observations de M. M. Bouguer et C
damine. Pairs 1746. sect. VII. p. 375.

**) Phil. Transact. LXV. p. 534. LXVIII. Phil. Tr. Obs. XIII. 702. Tracts on math
and philos. subjects by C. Hutton. 2 Voll. Lond. 1812. Vol. II. p. 1.

***) L'attraction des montagnes etc. par le Bar. de Zach. Avignon 1811. 2 Vol.
p. 355.

†) Phil. trans. 1798. II. 469. Gilb. Ann. Bd. II. S. 1.

††) Grundriß der theor. Phys. Leipzig 1809. S. 31. 108.

in der Berührung, als Urſache (der Haarröhrchenanziehung,) der Cohäſion und Adhäſion (doch ſoll nach Einigen bei dieſer auch Anziehung in die Ferne ſtattfinden, ſ. d. Art. Adhäſion); Anziehung, die bei chemiſcher Verwandtſchaft ſtattfindet. Hierzu käme noch: Anziehung der magnetiſchen und der elektriſchen Körper.

Der allgemeinen Anziehung ſtellt man als gegenwirkende Kraft eine allgemeine Abſtoßung oder Repulſion (v. d. lat. repulsio Abſtoßung) entgegen. Wenn nämlich alle einzelnen materiellen Theilchen mit dem alleinigen Streben, ſich gegenſeitig anzuziehen, in gewiſſem ſich für alle gleich bleibenden Grade begabt wären, ſo müßte die geſammte Körperwelt eine gleichförmig dichte compacte Maſſe darſtellen, und ſetzte die Anziehung ſich ohne einen Widerſtand zu finden ins Unendliche fort, ſo müßte die geſammte Körperwelt in Einen Punkt zuſammenſchrumpfen. Da dies nun aber keineswegs der Fall iſt, ſo muß eine der Anziehung der Maſſentheilchen entgegenwirkende Kraft ebenſo allgemein thätig ſein, wie jene. Wenn dieſe allein ſich geltend machte, ſo würde eine unendliche Verdünnung der Körpermaſſe, eine Zerſtreuung der Maſſentheilchen ins Unendliche die Folge ſein. Der wirkliche Zuſtand der Körperwelt mit ſeinen höchſt verſchiedenen dichten Einzelkörpern, ſeinen trennenden Zwiſchenräumen ꝛc. muß alſo die Folge einander entgegenwirkender Kräfte ſein, welche in ein Verhältniß des Gleichgewichts getreten ſind. Wie es eine Menge von anziehenden Kräften in der Natur gibt, welche man noch keineswegs auf eine allgemeine Anziehungskraft zurückzuführen vermocht hat, ſo kennt man auch eine Anzahl abſtoßender Kräfte, welche eben wenig auf eine allgemeine Abſtoßungskraft zurückgeführt worden ſind. Dahin ſind die Capillardepreſſion, die Ausſcheidung verſchiedener Stoffe durch chemiſche Proceſſe, die Abſtoßung gleichnamiger Pole der Magnete und gleichnamig elektriſirter Körper u. a. Das bedeutendſte abſtoßend oder eigentlich ausdehnend, verdünnend wirkende Agens iſt die Wärme (ſ. d. Art. Ausdehnung), in welcher deshalb Biot das Princip der allgemeinen Abſtoßung zu finden meint. Die ausdehnende Thätigkeit der Wärme iſt ebenſo allgemein wie die anziehende Thätigkeit der Maſſen gegen einander. Man kann aber die Maſſenanziehung der Wärme nicht entgegenſetzen, ſondern wie die Abnahme der Wärme (Erkaltung) ebenſo mit Zuſammenziehung verbunden iſt, wie die Zunahme der Wärme (Erhitzung) mit Ausdehnung, ſo müßte man den Gegenſatz der Erſcheinung von der Anziehung und Abſtoßung principiell auf den Gegenſatz von Kälte und Wärme zurückführen. Eine ins Unendliche zunehmende Kälte, welche keine ihr entgegenwirkende Kraft hätte, würde ebenſo die geſammte Körperwelt in einen Punkt zuſammenziehen, alſo aufheben, wie eine ins Unendliche zunehmende Wärme ohne gegenwirkende Kraft die Körperwelt ins Unendliche ausdehnen, verdünnen und endlich verſchwinden machen würde.

Apatit (von ἀπατᾶν täuſchen, weil dieſes Mineral anfangs die Mineralogen hinſichtlich ſeiner mineralogiſchen Beſtimmung, zu verſchiedenen Irrthümern veranlaßte), Spargelſtein, Moroxit heißt ein Mineral, welches in ſechsgliedrigen Säulen kryſtalliſirt mit einem Dihexaeder zugeſpitzt, deſſen Flächen gegen die Axe etwa 50° geneigt ſind, nebſt verſchiedenen Abänderungen; Spaltbarkeit deutlich parallel der geraden Endfläche; ſpecif. Gewicht = 3,2 bis 3,25; mit ausgezeichnetem Fettglanz; die Härte iſt zwiſchen der des Flußſpaths und Feldſpaths; er kommt farblos und faſt in allen Färbungen vor, beſonders häufig heller oder dunk-

ler grün gefärbt; Strich und Pulver weiß. Der Apatit ist, wenn auch meist nur in geringer Menge, sehr allgemein verbreitet; er findet sich sowohl in den ältesten Gebirgen, namentlich in dem Granit und Gneus des St. Gotthard, im Salzburgischen, zu Schlackenwald in Böhmen, zu Arendal in Norwegen ꝛc., wie auch in allen jüngeren plutonischen und vulkanischen Gesteinen und geschichteten Gebirgen. Diesem Mineral hauptsächlich verdankt die Ackerkrume ihren ursprünglichen Gehalt an Phosphorsäure, deren Gegenwart für die Entwicklung der Vegetation so wichtig und nothwendig ist; der Apatit besteht nämlich der Hauptsache nach aus basisch phosphorsaurem Kalke, nebst einer geringen Menge von Fluor- und Chlorcalcium, nämlich aus $Ca\ (Fl^2\ Cl^2) + 3\ (3\ Ca\ O,\ P^2\ O^5)$. Der sogenannte Spargelstein, der Phosphorit, Mororit und der erdige Apatit sind nur Abänderungen des angeführten Minerals und gehören derselben Gattung an. E. W.

Apertur, s. Blendung.

Aphelium, s. Bahn.

Aplanatische Linsen, s. Linsen.

Apogeum, s. Bahn.

Apparat (v. d. lat. apparare zurüsten, daher Geräth, Vorrichtung) nennt man in den Naturwissenschaften jede Vorrichtung, welche dazu dient, Versuche und Beobachtungen anzustellen. Solche Vorrichtungen stellt man her theils um einzelne Erscheinungen hervorzubringen, theils um gewisse Zustände in der Natur wiederholt zu beobachten oder Erscheinungen nach Bedürfniß schnell und leicht zu erzeugen. Die Apparate der letzteren Art werden auch Instrumente genannt und vielfach unter einander verbunden, um Apparate der ersten Art herzustellen. Ein Gefäß z. B. mit Wasser, in welchem man den Schmelzproceß des Eises beobachten will, ist ein einfacher Apparat, ein Thermometer aber, mit welchem man die Temperatur jedes Ortes, wo man es hinbringt, leicht und schnell beobachten kann, ein Instrument; stellt man das Thermometer in jenes Gefäß mit Eis und Wasser, stellt daneben noch ein Barometer auf, um den herrschenden Luftdruck zu beobachten, und ein Hygrometer, um den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurtheilen, welche beide Momente von Einfluß auf den Verlauf des Schmelzprocesses sind, so geben alle diese Vorrichtungen zusammengenommen einen zusammengesetzten Apparat. Eigene Namen haben eigentlich nur die Instrumente, jedoch sind auch (besonders in früherer Zeit) solche Apparate, welche nur zur Beobachtung oder Hervorbringung von vereinzelten, nur ein vorübergehendes Interesse habenden Erscheinungen dienten, mit eigenen Namen belegt worden. In diesem Lexikon werden die Instrumente unter ihren Namen, die übrigen Apparate bei Gelegenheit der Erscheinungen beschrieben, auf welche sie sich beziehen.

Eine Sammlung physikalischer Apparate aller Art und namentlich von Instrumenten nennt man ein physikalisches Cabinet, wohl auch in ihrer Gesammtheit einen physikalischen Apparat. Das Cabinet bezeichnet aber eigentlich den Ort an welchem die Apparate aufbewahrt werden. Ueber die Beschaffenheit eines solchen Cabinets spricht sich der sachkundige Baumgartner *) wie folgt aus.

„Das physikalische Cabinet ist der zur Aufbewahrung physikalischer Instrumente bestimmte Platz, welcher überdies die zur Anstellung der Versuche u

*) Baumgartner, Naturlehre. Bd. II. S. 3.

Beobachtungen nöthige Gelegenheit darbietet. Der Werth eines physikalischen Cabinets richtet sich keineswegs nach seiner Ausdehnung und nach der Menge, sondern nur nach der Auswahl und Güte der vorhandenen Instrumente. Alte Cabinete, wie man sie hier und da antrifft, überraschen das Auge durch die Menge der Geräthschaften und ihre glänzende Außenseite. Läßt man sich aber durch die vergoldeten Leisten, durch die Löwenfüße, auf denen die Instrumente ruhen, und durch die Adlerköpfe, welche die Handhaben tragen, nicht blenden und stellt eine nähere Untersuchung an, so findet man meistens nur elektrische und pneumatische Spielwerke, Wasserkünste und verjüngte Sonnensysteme. Es ist gut, wenn auch nicht unerläßlich, daß ein physikalisches Cabinet aus mehreren abgeschlossenen Räumen besteht, deren jeder für besondere Instrumente bestimmt ist; wenigstens soll sich an den eigentlichen Instrumentensaal ein Zimmer anschließen, das zur Anstellung der Versuche oder zu Vorbereitungen bestimmt ist. Sollen mit den physikalischen Experimenten auch chemische vereinigt werden, so ist ein eigenes Gemach zur Aufbewahrung chemischer Producte unerläßlich, damit nicht den meist metallenen, physikalischen Apparaten die Nachbarschaft der scharfen verdünstenden chemischen Producte nachtheilig oder gar verderblich werde. Uebrigens sind mehrere Zimmer einem einzelnen, wenn auch an Rauminhalte ihnen gleichen vorzuziehen, weil erstere zur Aufstellung von Kästen mehrere Wände darbieten. Die nöthige Größe richtet sich nach dem individuellen Zustande jedes Ortes und kann daher nicht angegeben werden. Ein zu einem physikalischen Cabinete bestimmtes Local soll stets hinreichende Festigkeit haben. Manche Versuche erfordern einen vorzüglich festen Stand der Instrumente, ja viele Instrumente leiden durch die geringsten Oscillationen, in denen sie begriffen sind, wenn der Boden nicht die nöthige Festigkeit hat. Es ist wünschenswerth, daß sich wenigstens in einem Zimmer ein Plätzchen befinde, welches ganz vom Fußboden des übrigen Theils steht und daher an den Bewegungen desselben keinen Antheil nimmt. In großer Höhe, z. B. im dritten, vierten Stockwerke, erzielt man selten die nöthige Trockenheit; dazu kommt noch, daß es gefährlich ist, manche Instrumente über viele Treppen zu transportiren, und mühsam, den zu Versuchen oder zur Reinigung der Instrumente nöthigen Wasservorrath in solche Höhe zu bringen. Indeß ist auch ein Platz zu ebener Erde selten für ein physikalisches Cabinet geeignet, weil ihm meistens an der nöthigen Trockenheit fehlt. Instrumente aus Holz quellen an feuchten Orten an, ihre Theile treten aus ihrer Verbindung; metallene oxydiren sich oder laufen an. Eine Elektrisirmaschine, ein Elektrophor giebt an einem feuchten Platze keine Wirkung. Bei Errichtung eines neuen Gebäudes, wo zu ebener Erde ein physikalisches Cabinet eingerichtet werden soll, kann man der Feuchtigkeit dadurch einigermaßen vorbeugen, daß man unter dem Fußboden eine Lage von Schlacken, Kohlen oder einer andern trockenen Substanz anbringt. Der Trockenheit wegen ist es auch nöthig, daß ein physikalisches Cabinet nicht an der sogenannten Wetterseite (bei uns NW) liege, weil da fast jeder Regen anschlägt. Allein selbst wenn dieses nicht wäre, so dürfte ein physikalisches Cabinet nicht an dieser Seite liegen, wenn darin optische Versuche angestellt werden sollen. Zu diesen braucht man immer directes Sonnenlicht, das man an der Nordseite nie, an der Südseite nur Nachmittags bekommt, wo selbst an sonst heiteren Tagen die Dünste das Licht zu stark schwächen. Diese Umstände machen es unerläßlich, ein physikalisches Cabinet an die Mittags- oder, falls dieses nicht angeht, an die Morgen-

seite zu verlegen. Es ist nothwendig, daß man die Temperatur eines physikali schen Cabinets stets innerhalb gewisser Grenzen erhalten kann, welches wieder nu möglich ist, wenn man die Localitäten im Winter zu beheizen, im Sommer gege das Eindringen des directen Sonnenlichtes zu schützen im Stande ist. Bei viele Instrumenten sind Theile mit Harzkitt verbunden, der sich erweicht, wenn er vo directem Sonnenlichte getroffen wird, und den Platz verläßt, wo er am nothwen digsten ist. Hölzerne Bestandtheile verlieren im directen Sonnenlichte ihre Polit und trocknen so stark aus, daß sie Sprünge bekommen. Uebrigens wird auch dur eine solche Einwirkung des Sonnenlichtes die Luft im Cabinete während des Tag zu sehr verdünnt, es dringt deshalb Abends viel äußere Luft hinein und führt ei Menge Staub und Sand mit sich, der sich an die Instrumente absetzt und öfter Abwischen nöthig macht, wodurch wieder die Politur leidet und nicht selten klei Ritze entstehen. Am besten hält man das directe Sonnenlicht durch leinene Vo hänge ab, die doch noch so viel Licht durchlassen, daß man im Arbeiten nicht gehi dert wird. Kann man ein Cabinet nicht gegen die Winterkälte schützen, so frier die wässerigen Flüssigkeiten, die manche Instrumente, z. B. der Wasserhamm der Kryophor u. a. enthalten, und zerreißen die Gefäße. Metalle ziehen sich st stark zusammen und zwar stärker, als die etwa damit verbundenen Glas- oder Ho theile, und zerdrücken letztere; Harzkitte bekommen Risse und fallen weg. A zweckmäßigsten ist für ein physikalisches Cabinet die Luftheizung, besonders je Art mit einer besonderen Heizkammer. Da erspart man den Platz für einen Of und braucht nur die Heizlöcher, in deren Nähe man ohne Scheu Kästen und sel Instrumente versetzen kann, während man einen großen Raum um einen Of herum unbesetzt lassen muß; man ist im hohen Grade Meister der Temperatur u auch vor Feuersgefahr sicherer als bei einer andern Beheizung. Selbst wo l Localität keine solche Beheizung mit einer eigenen Heizkammer erlaubt, thut m gut, einen Meißner'schen Mantelofen statt eines gewöhnlichen zu gebrauch Das Local, welches zu optischen Versuchen bestimmt ist, muß mit Fensterläden v sehen sein, damit man alles äußere Licht abhalten und nur durch eine kle Oeffnung einen Lichtbüschel hineinleiten kann. In einigen Museen ist da ein eigenes Local mit ganz schwarzen Wänden vorhanden. Dieses dürfte wo unnöthig sein und überdies eine zu starke Erhitzung hervorbringen. Der unsti liche Fraunhofer hat gewiß die genauesten optischen Versuche angestellt, u doch machte er sie in einem Zimmer mit ganz weißen Wänden. Die innere Ei richtung eines physikalischen Cabinets muß seinem Zwecke: Aufbewahrung, Re haltung der Instrumente und Leichtigkeit sie zu brauchen, entsprechen. Inst mente, die nicht zu groß sind, sollen in eigenen Kästen aufbewahrt werden, d denen man leicht jedes Stück herausnehmen kann und die gut schließen. Deli tere Stücke, z. B. Mikroskope, feine Meßwerkzeuge ꝛc. haben meistens ein eige Futteral, in das sie eingepaßt sind. In diesem sollen sie sich auch stets außer Zeit ihres Dienstes befinden. Derlei Stücke außerhalb ihres eigentlichen Beh ters aufzustellen, damit das Ganze besser ins Auge falle, ist eine eitle Schwachh für welche die Instrumente büßen müssen. Große Instrumente, die nicht in eige liche Kästen passen, wie z. B. eine große Luftpumpe, eine Elektrisirmaschine, s len entweder mittelst großer eigener Glaskästen oder mittelst eines Leinwandüb zuges vor Staub geschützt werden. Nur solche Instrumente, die man f beständig braucht, müssen stets bei der Hand sein und dürfen nicht in einem Zu

male sich befinden. Von der Art sind Handwagen, ein Maßstab, ein Barometer, ein Thermometer ꝛc. Zur Aufstellung dieser dienen eigene Tische und Postamente, an denen es in einem physikalischen Cabinete nicht fehlen darf. Stets soll der Zutritt zu jedem einzelnen Stücke frei sein, damit man nicht nöthig habe, mehrere in die Hand zu nehmen und zu verschieben, um eines herauszubringen. Brennspiegel und Brenngläser sollen nicht nach der Seite gekehrt sein, woher directes Sonnenlicht kommt; Instrumente mit brennbaren Stoffen sollen feuerfeste Stellen einnehmen. Selten kann ein physikalisches Cabinet, es mag zum Unterrichte oder zu Anstellung neuer Versuche und zur Erweiterung der Wissenschaft bestimmt sein, eines kleinen chemischen Laboratoriums entbehren. Ein dazu bestimmtes Local soll nicht unmittelbar an die eigentlich physikalischen Instrumentensäle grenzen, wie schon oben erwähnt wurde, sondern ein eigenes, wenn auch kleines Ganze ausmachen. Bei einem solchen Local ist Trockenheit und directes Sonnenlicht ebenso nothwendig, wie beim physikalischen, weil manche chemische Producte in feuchter Luft zerfließen und mancher Versuch directes Sonnenlicht fordert. Uebrigens ist es unerläßlich, daß es sich in einer Lage befinde, wo die Herbeischaffung einer bedeutenden Wassermenge nicht mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist und sich die Luft leicht erneuern läßt. Ein gemauerter Windofen unter einem eigenen Kamel, der in einen Rauchfang führt, nebst tragbaren gewöhnlichen Oefen und Lampenöfen sind ein großes Bedürfniß. Ein Kasten mit den nöthigen chemischen Reagenzien, ein anderer mit Mörsern, Reibschalen und den dazu gehörigen Pistillen, mit Abdampfschalen, Filtrirgläsern und Trichtern, Spateln und Glasstangen, Retorten, Phiolen, Kolben, Vorstößen und Verbindungsröhren, Woulf'schen Flaschen, einem pneumatischen Wasser- und Queckfilberapparat, Glasglocken, Flaschenhältern, Schmelztiegeln, Muffeln, Destillirapparaten, ein Kohlenbehälter ꝛc. sind unentbehrliche Geräthschaften eines, wenn auch nur supplementären, chemischen Laboratoriums. — Bei vielen physikalischen Versuchen braucht man einige mechanische Handwerkszeuge. Dahin gehören: ein kleiner Schraubstock mit einem Amboß, ein Hammer, eine Beißzange, eine Zange mit flachen, eine andere mit runden Backen, Pincetten, Feilen, Bohrer, ein Zieheisen, um Drähte auf einen bestimmten Durchmesser zu bringen, Schraubenzieher ꝛc."

In früherer Zeit betrachtete man einen physikalischen Apparat mehr als eine Curiosität, die Versuche mehr als überraschende Kunststücke; man stellte also jeden einzelnen Apparat mit möglichster Eleganz her und gab ihm eine möglichst künstliche und die Erscheinungen, für welche er berechnet war, auf überraschendste Art reducirende Einrichtung. In dem eingerichteten Cabinet stellte man die Instrumente zierlich und imponirend auf. Gegenwärtig betrachtet man ein physikalisches Cabinet als die Werkstatt eines Künstlers und die Apparate als Instrumente, deren Werth nicht durch ihr Aeußeres und die Ueberraschungen, welche sie bereiten, sondern durch ihre Brauchbarkeit bestimmt wird. Im Allgemeinen ist aber ein physikalisches Instrument desto brauchbarer, zuverlässiger und geschätzter, je einfacher und solider es ist und je leichter es in seiner Wirksamkeit zu übersehen ist. Man braucht jetzt viel mehr Instrumente als früher zu jeder einzelnen wissenschaftlichen Untersuchung, weil man immer mehr gelernt hat, wie nothwendig es ist, die Erscheinungen als Resultat vieler zusammenwirkender Naturkräfte aufzufassen; darum müssen aber auch diese Instrumente so eingerichtet sein, daß sie sich leichter zu zusammengesetzteren Apparaten für specielle Untersuchungen combiniren lassen. Ich

glaube den Besitzern des phys. Lexikons einen Dienst zu erweisen, wenn ich im Fol
genden eine Uebersicht der Preise von den verschiedenartigsten physikalischen (astro
nomischen und mathematischen) Apparaten mittheile, wie sie einige der ausge
zeichnetsten Mechaniker in Deutschland liefern. Es ist dabei zu berücksichtigen, da
jeder Mechaniker sich besonders in gewissen Fächern auszeichnet. So liefert He
Emil Stöhrer in Leipzig namentlich ausgezeichnete, zum Theil von ihm selb
erfundene elektromagnetische und magnetoelektrische Apparate; die Werkstatt v
Merz, Utzschneider und Fraunhofer ist weltberühmt durch die ausgezeic
netsten optischen Instrumente, welche sie schon seit vielen Jahren geliefert ha
auch Schiek in Berlin liefert ausgezeichnete optische Instrumente, namentlich vo
treffliche Mikroskope, und besitzt eine Anstalt zum Schleifen achromatischer Objectiv
Meyerstein in Göttingen verfertigt alle Arten mathematischer und physikalisch
Instrumente; Ertel und Sohn in München stellt vorzugsweise mathematische I
strumente ausgezeichnet her; Poller in Leipzig liefert mit Fleiß gearbeitete mat
matische Instrumente zum praktischen Gebrauch, während Leyser in Leipzig n
mentlich elektrische und magnetische Instrumente mit Sorgfalt und Erfindungsg
construirt. Außerdem nenne ich als ausgezeichnete Mechaniker in Deutschland n
A. und G. Repsold in Hamburg, die sich in größeren astronomischen und bö
ren mathematischen Werkzeugen auszeichnen, Pistor und Martin in Berlin,
gute astronomische, mathematische und optische Instrumente liefern, Oertling
Berlin, der sich in mathematischen Instrumenten, namentlich Sextanten zum G
brauch auf der See auszeichnet und vorzügliche Plan- und Parallelgläser herstel
Plößl in Wien, bei welchem vortreffliche optische Instrumente, namentlich Mik
skope und mittlere Fernröhre, sowie die ausgezeichnetsten Brillengläser zu bekomm
Kraft in Wien, der besonders gute Feldmeßinstrumente ausführt, Eckeling
Wien, Hoffmann in Leipzig u. a. Ueber die einzelnen ausgezeichneten Instrume
wie sie in den folgenden Verzeichnissen erwähnt werden, ist auf die betr. Artik
zu verweisen, wo dieselben auch abgebildet sind.

Apparate und Instrumente von Emil Stöhrer in Leipzig.

Statik und Dynamik.

Parallelogramm der Kräfte auf Stativ mit den nöthigen Gewichten	9 Th
Schiebe Ebene mit den nöthigen Gewichten	12
Zwei einfache Rollen und zwei dreifache Flaschenzüge an einem Stativ	8
Hebel mit Eintheilung und Gewichten zur Erklärung der Gesetze des Hebels	3
Handwage (sog. Receptir-Wage) mit Horn- oder Metallschalen	3
Wage bis zu 5 Kilogr. Belastung auf Stativ	12
Wage mit durchbrochenen Balken, Einrichtung zum Wägen unter Wasser und einem G Grammengewicht	20 Th
Feine Wage zu chemischen Zwecken unter Glaskasten mit Gewichten	40
Brückenwage als Modell	7
Dynamometer oder Federwage mit Zugstangen von Eisen	15
Federwage bis zu 20 Pfd.	5
Wage für schwere Lasten mit genauer Angabe nach Weber (die Aren sind durch Federn setzt, welche eine Belastung von 5 Centnern zulassen)	56 Th

Elasticität.

Compressionspumpe, unten geschlossen, von Glas, zugleich als Feuerzeug	4 Th
Elfenbeinkugel mit geschwärzter Steinplatte (um die Zusammendrückung des Elfenbe beim Auffallen zu zeigen)	2 Th

Hydrostatik.

Communicirende Röhren von Glas verschiedener Weite und Größe von 10 Ngr.—⅓ Th	

Nicholson's Gewichtaräometer in Etui 4 Thlr.
Allgemeines Scalenaräometer von Glas, drei Stück in Etui mit Glasgehäuse 5 ⁄
Capillarröhren und Platten in einem System verbunden ½ ⁄

Luftdruck.

Barometer, Glasröhre nebst Gefäß zu Quecksilber zum Selbstfüllen ⅔ Thlr.
Stubenbarometer in verschiedener Form, mehr oder weniger elegant 3—8 ⁄
Heberbarometer mit verschiebbarer Scale, Nonius ꝛc. (Schulapparat) 10 ⁄
Heberbarometer, nach Gay-Lussac, in Metertheilung auf Spiegelglas zum Transport eingerichtet 25 Thlr.
Gefäßbarometer mit elastischem Gefäßboden, in Messingrohr zum Transport 26 ⁄
Mariotte'sches Gesetz, Glasrohr auf einer Scala 3 ⁄
Handluftpumpe mit Ventilen, an den Tisch zu schrauben 12 ⁄
Luftpumpe mit liegendem Cylinder von 11 Zoll Länge, Kurbelbewegung, Hahnsteuerung, Glasteller, Barometer 25 Thlr.
Luftpumpe mit dergl. Cylinder von 22 Zoll Länge und obiger Einrichtung 60 ⁄
Luftpumpe mit zwei dergl. verticalen Cylindern, tischförmig, zwei Glasteller, zwei Barometer 150 Thlr.
Ventil-Luftpumpe mit zwei verticalen Cylindern 60 ⁄
Compressions-Pumpe, 12 Zoll lang, ohne Ventil mit Windkessel 18 ⁄
Compressions-Pumpe mit Seitenventil und Windkessel 24 ⁄
Windbüchse 19 ⁄
Recipient mit Stopfbüchse, nach der Größe von 2½ Zoll 5 ⁄
Halbkugeln von Messing zu 4 und 6 ⁄
Flügelrad im leeren Raume 6 ⁄
Fallender Körper im leeren Raume 6 ⁄
Ausströmen der Elektricität im leeren Raume 5 ⁄
Gefrieren des Wassers im leeren Raume 1⅔ ⁄
Apparat für Flüssigkeiten im leeren Raume 4 ⁄
Elektrischer Hammer 3 ⁄
Sitzgefäße für comprimirte Luft 3—8 ⁄
Steigheber von Glas 1 ⁄
Heber verschiedener Form von Glas 10 Ngr.—1 ⁄
Heronsbrunnen von Glas verschiedener Form und Größe 1—3 ⁄
Saugpumpe von Glas als Modell 3 ⁄
Druckpumpe desgl. als Modell 3 ⁄
Feuerspritzen-Modell 26 ⁄
Heliercompressions-Apparat, nach Oersted, mit starkem Glasgefäß und Manometer 18 Thlr.
Hydraulische Presse als Modell 40 ⁄
Luftballons von Goldschlägerhaut, verschiedener Größe von 1—4 ⁄

Bewegung.

Atwood's Fallmaschine (Schulapparat) mit Secundenpendel 30 Thlr.
Derselbe mit Theilung auf Metall, Selbstauslösung durch das Secundenpendel, welches hörbare Signale giebt, 56 Thlr
Schlagmaschine mit acht verschiedenen Versuchen 30 ⁄
Secundenpendel für halbe und ganze Secunden mit Verlängerung über dem Aufhängepunkte und hörbarem Signal 10 Thlr.
Secundenpendel von natürlicher Länge, Eintheilung und Signal auf Stativ 20 ⁄
Fallpendel als Modell 10 ⁄

Hydrodynamik.

Wassergefäß von Blech mit verschiedenen Aufsätzen und Ausströmungsröhren zu den Versuchen von Segner, Torricelli, Savart und Mariotte 13 Thlr.
Turbine als Modell von Eisenblech 35 ⁄
Hydraulischer Widder, zum Theil von Glas 16 ⁄
Modelle eines oberschlächtigen Wasserrades von Blech 10 ⁄
Modelle eines unterschlächtigen Wasserrades 12 ⁄
Anemometer von lackirtem Zinkblech in zwei Größen zu 8 und 12 ⁄

Akuſtik.

Monochord mit ſechs Saiten 6 Th
Aeolsharfe mit ſechs Saiten 5 "
Hörröhre von Metall von verſchiedener Form und Größe 3—5 "
Apparat für Schwerhörige, nach Deon, in ſilberplattirtem galvaniſchem Kupfer 5 "
Chladni's Klangfiguren-Apparat mit Platten von Holz, Metall und Glas 6 "
Stimmgabeln à 1½ "
Ein Satz Modelle der verſchiedenen Pfeifen 4 "
Sirene einfach mit Zählwerk 10 "
Sirene nach Savart 21 "
Trevelyan-Inſtrument 3 "
Apparat zu den Interferenz-Erſcheinungen nach Seebeck 10 "
Holz-Harmonika auf Strohwalzen 5 "
Vier gezähnte Räder, den Accord angebend 6 "
Sprachröhre von Pappe und Blech 3—6 "
Membranen auf Blechröhren geſpannt, verſchiedener Größe von ½—2 "
Modelle der Gehörwerkzeuge 5

Katoptrik.

Metall-Planſpiegel verſchiedener Größe von 4—10 Th
Metallſpiegel, concav, conver und cylindriſch in verſchiedenen Größen 6—20
Stenoſkop nebſt Figuren 4
Glasſpiegel, concav und conver von 2—8
Goniometer, nach Wollaſton, in Büchſe von Meſſing 19
Daſſelbe größer auf Stativ 28
Spiegelſextant in Ebenholz 30
Derſelbe in Meſſing 45
Hohlſpiegel von 15 Zoll Diameter galv. abgelagert und verſilbert oder vergoldet 15
Kegel- und Cylinderſpiegel mit verzerrten Bildern 4

Dioptrik.

Lupen, einfach in Horn- und Elfenbeinfaſſungen von 10 Ngr.—1
Lupen mit drei und vier Gläſern in Faſſung von Horn à 1½—2
Lupe nach Stanhope 1
Lupe mit achromatiſcher Linſe 4
Fernröhre, terreſtriſche, mit meſſingenen Auszugröhren, achromatiſchen Objectiven verſchiedener Größe von 6—32
Fernröhre ganz in Meſſing auf dergl. Stativen mit Schraubenbewegung zu terreſtriſchem und aſtronomiſchem Gebrauch mit zwei Ocularröhren von 30—200
Feldſtecher mit zwei und drei Oculargläſern von 3—12
Fadenzähler, Lupe mit Quadratdurchſchnitt, nach einem beſtimmten Maße 1½
Sammlung von Glaslinſen und Spiegeln der verſchiedenen Formen in Etui 10
Glasprismen verſchiedener Geſtalt und Größe von 2—3
Rechtwinkliges Prisma auf Stativ 3
Nichol'ſches Prisma, gefaßt 4
Künſtliches Auge, in Etui 5
Prisma von Crown- und Flintglas 3
Camera obscura, einfach, in Pappkaſten 4
Dieſelbe mit achromatiſchem Objectiv zum Zeichnen eingerichtet 24
Lichtbilder-Apparat mit Voigtländer'ſchen Objectiv zu Viertelplatten 40
Derſelbe zu halben Platten 70
Derſelbe zu ganzen Platten mit einfachem achrom. Objectiv zu Landſchaften 50
Camera clara mit Glasprisma 6
Dieſelbe mit kleinem Planſpiegel von Stahl 3
Sonnenmikroſkop mit einfachen Linſen und Bewegung des Spiegels 20
Mikroſkope verſchiedener Größe zu 8, 25, 52 und 150
Zauberlaterne mit Gläſern von 36 Linien Dnrchmeſſer 30
Apparat zu den Dissolving views ohne Gaſometer 90
Polariſatios-Apparat, einfach nach Nörremberg, mit Nichol'ſchem Prisma ꝛc. 20

Magnetismus.

Magnetstab, 2 Fuß lang 4 Thlr.
Dieselben kleiner von 1—3 "
Hufeisenmagnet, 12 Zoll lang 5 "
Derselbe aus fünf Lamellen zusammengesetzt 22 "
Derselbe aus fünf Lamellen 9 Zoll 16 "
Derselbe aus fünf Lamellen 6 Zoll 10 "
Magnetstein mit Armatur 4 "
Stativ zum Auflegen von Stahl-, Eisen- und Messingnadeln, isolirt zu magnetischen und elektrischen Versuchen brauchbar 5 Thlr.
Declinatorium und Inclinatorium, Stativ mit verticalen und horizontalen Gradbogen unter Glasglocke (Schulapparat) 10 Thlr.
Declinationsbussole mit Dioptern auf Stativ 30 "
Inclinationsbussole mit horizontalem und verticalem Kreise auf Stativ 80 "

Elektricität.

Coulomb's Drehwage 16 Thlr.
Wasserstoff-Entzündungs-Apparat als Kanone und Pistol 2 und ½ "
Goldblattelektrometer, einfach 1 "
Dasselbe zu genauen Messungen in Glaskasten mit Gradbogen und Diopter 13 "
Elektroskop mit trockner Säule 8 "
Strohhalmelektrometer nach Fechner 2½ "
Quadranten-Elektrometer nach Henley 4 "
Elektrophor von Harz, 10 Zoll Durchmesser 3 "
Dasselbe 15 Zoll Durchmesser 5 "
Elektrophor von Papier 4 "
Elektrisirmaschine mit Scheibe von 20 bis 24 Zoll Durchmesser, kugelförmigen Conductor von Messing 40 Thlr.
Dieselbe mit Cylinder von 12 Zoll wirksamer Länge und entsprechendem Durchmesser 38 Thlr.
Dieselbe mit Scheibe von 36 Zoll Durchmesser 80 "
Isolirschemel 3 "
Allgemeiner Ausladen (Henley) 4½ "
Ausladen für Flaschen und Batterien mit gläsernem Handgriff 3 "
Leidener Flaschen verschiedener Größen von 10 Ngr.—2 "
Vergleichen mit abzunehmender Belegung ⅔ "
Elektrische Spinne mit Flasche 1 "
Ringrad 1 "
Glockenspiel mit drei Glocken 2 "
Blitztafel mit Stanniolbelegung 3 "
Glasballon für Ausströmung in verdünnter Luft 5 "
Kleine Conductoren von Messing, mit Kugeln zu Vertheilungs-Versuchen 2 "
Batterie von sechs großen Flaschen 12 "
Franklin's Tafel 2 "
Flasche mit intermittirender Selbstentladung 1½ "
Flasche mit Messung der Schlagweite 2 "
Sogenannte Blitzröhre mit Fuß, 2 Fuß lang 2½ "

Galvanismus.

Delta's Fundamental-Experiment. Zamboni'sche Säule mit Goldblatt, Condensatorem, Kupfer- und Zinkplatten 11 Thlr.
Zwei Zamboni'sche Säulen, ein Pendel bewegend unter Glasglocke 10 "
Deltasche Säule aus Kupfer- und Zinkplatten, 3 Zoll im Quadrat, 50 Paare mit Stativ 12 Thlr.
Tragapparat mit 12 Zollen Kupfer und Zink 8 "
Daniell's constante Batterie in zwei Größen das Element zu 1½ und 3 "
Grove's Batterie, das Platin in Kreuzform das Element 5 "
Kohlenbatterie mit eigens zubereiteter Kohle, in 2 Größen, das Element zu 2 u. 2½ "
Valerimotor, spiralförmig gewundene Kupfer- und Zinkplatte 3 "

Waſſerzerſetzungs-Apparat mit großen Elektroden und getheiltem Glasrohr für g
miſchte Gaſe 7 Thl
Daſſelbe für getrennte Gaſe 6 "
Daſſelbe mit gebogenem und getheiltem Glasrohr als Voltameter 6 "
Galvanometer mit 3000 Fuß langer Drahtſpirale 19 "
Daſſelbe einfach, mit aſtatiſcher Nadel 6 "
Tangentenbuſſole, 1 Fuß Durchmeſſer des Kupferringes 15 "
Sinusbuſſole von gleicher Größe mit Horizontalkreis auf Meſſingſtativ 35 "

Elektromagnetismus.

Großer Elektromagnet zu den magnetiſchen Verſuchen 500 Th
Hufeiſenförmiger Elektromagnet auf Stativ 12 "
Zwei beweglich aufgeſtellte Spiralen von ſtarkem Draht zum Magnetiſiren v
Stahlſtäben und Hufeiſen jeder Form 40 Th
Derſelbe Apparat kleiner 24 "
Zwei beweglich aufgeſtellte elektromagnetiſche Stäbe zum Magnetiſiren von St
jeder Form (eigene Conſtruction) 24 Th
Gyrotrop (ohne Queckſilber) 2 "

Elektromagnetiſche Bewegungs-Apparate.

Ein Elektromagnet über einen Stahlmagnet an verticaler Welle 12 Th
Zwei Elektromagnete, einer feſtſtehend, der andere rotirend 18 "
Modell aus 12 Stäben zuſammengeſetzt, mit Zahnrad zum Gewichtheben (eigene Conſtructi
50 Th
Rotation eines Elektromagnetes in einer Spirale mit Verzahnung, um ſow
Gewichte zu heben, als durch Umdrehung des Magnets in der Spirale Inductionsſtröme
erzeugen. (Poggend. Ann. Bd. LXIX.) (Eigene Conſtruction und Erfindung.) 60 Th
Derſelbe Apparat größer, mit Elektromagnet in Kreuzform, bis zu 2000 F. Pfd. Kra
äußerung 120 Th
Großer Elektromagnet nebſt Zubehör zu den Faraday'ſchen Entdeckungen des E
fluſſes des Magnetismus auf Licht und frei aufgehängte Körper 190 Th
Ampère'ſches Stativ nebſt einigen verſchieden gebogenen Drähten, die Wirkungen
Ströme auf einander zu zeigen 8 Th
Rotationen des Stromes um einen Magnet, mit der umgekehrten Erſcheinung verbun
9 Th
Rotation eines Magnetſtabes um ſeine Axe 6 "
Inductions-Rolle aus feinem Draht 3 "
Inductions-Apparat mit zwei Spiralen, in deren Inneres Eiſenſtäbchen geſtellt wer
können, mit ſelbſtthätigem Hammerwerk 28 Th

Magnetoelektriſche Maſchinen eigener Conſtruction.

Große Maſchine, aus ſechs liegenden Magneten beſtehend. Die Magnete liegen je
einander gegenüber; zwiſchen denſelben rotiren ſechs Eiſenkerne mit Spiralen aus ſtar
Draht. Durch Stellung einer Scheibe laſſen ſich drei, der Intenſität nach verſchied
Ströme erzeugen. 320 Th

Hierzu den Wirkungen der Maſchine angepaßte Nebenapparate:

Elektromagnet auf Stativ (30 Pfd. Tragkraft) 5 Th
Kohlenlicht-Vorrichtung 3 "
Lämpchen mit entzündlicher Flüſſigkeit $1\frac{1}{2}$ "
Voltameter, Waſſerzerſetzung in getheiltem Glasrohr 6 "
Stroboſkopiſche Scheiben durch elektriſches Licht, allen Zuſchauern ſichtbar 6 "
Platindraht in Glasrohr aufgeſpannt $1\frac{1}{2}$ "
Ketten, Conductoren und verſchiedene Kupferplatten zu phyſiologiſchen Experimenten 3 "
Große Maſchine, aus drei vertical geſtellten Magneten zuſammengeſetzt (Poggend.
nalen, Bd. LXI.), mit derſelben Stromdefleſions-Vorrichtung und obigen Nebenappara
in kleinerer Form 155 Th
Maſchine mit einem liegenden Magnet aus ſieben Lamellen (Schulapparat). Einrichtu
zu zwei verſchiedenen Strömen und ſechs Nebenapparaten 65 Th

Maschine mit liegendem Magnet aus fünf Lamellen, Inductoren aus feinem Draht, zu physiologischen Wirkungen, mit medicinischem Nebenapparat 35 Thlr.
Derselbe Apparat in Kastenform mit medicin. Apparaten für Aerzte 38 "
Kleiner Kastenapparat für Aerzte 25 "

Thermoelektricität.

Thermomultiplicator aus einem starken gebogenen Kupferblech, astatische Nadel unter Glasglocke 10 Thlr.
Thermosäule aus sechs Paaren Wismuth und Antimon 4 "
Thermosäule, groß, aus 60 Paaren in einem Messingrahmen, mit Blechgefäßen für heißen Sand und Eis 24 Thlr.
Thermosäule, klein, empfindlich, nach Nobili, in Messingbüchse auf Stativ 12 "
Thermomultiplicator, nach Nobili, zur Wärmestrahlung 15 "

Wärme.

Thermometer, gewöhnliches auf Holz $^2/_3$ Thlr.
Dasselbe auf Schiefer 1 "
Dasselbe auf versilbertem Messing $1^1/_6$ "
Dasselbe mit langer Scala, nach Celsius, Fahrenheit oder Reaumur $2^1/_2$ "
Dasselbe mit diesen drei Scalen neben einander 3 "
Thermometrograph auf Glas getheilt 5 "
Thermometer auf stehender Glasplatte 3 "
Dasselbe auf Glasplatte vor das Fenster 3 "
Dasselbe in Glasrohr 1—3 "
Metallthermometer aus Stahl- und Zinkstab mit Maximum und Minimum 8 "
Metallthermometer in Taschenuhrform 9 "
Breguet's Thermometer 15 "
Pyrometer, Eisenstab durch Alkoholflamme ausgedehnt, mit Zeigerwerk 6 "
Kugel von Messing, durch einen Ring passend 2 "
Differential-Thermometer 3 "
Hohlspiegel von abgelagertem, versilbertem Kupfer 15 "
Hohler Metallwürfel mit verschiedenen Oberflächen zur Wärmestrahlung $2^1/_2$ "
Wärmeleitungs-Fähigkeit verschiedener Körper 3 "
Fortpflanzung der Wärme in einem Metallstabe 6 "
Calorimeter nach Laplace 18 "
Dampfcylinder von Glas mit Kolben $2^1/_2$ "

Dampfmaschinen-Modelle.

Hochdruck-Dampfmaschine, einfach ohne Condensator mit Schubventil und Alkoholheizung 50 Thlr.
Dieselbe größer, mit Kohlenheizung 180 "
Niederdruck-Dampfmaschine mit Condensator und Kohlenheizung 200 "
Modell einer einfachen Locomotive 152 "
Papin'scher Topf, Dampfkessel mit Alkoholheizung, Sicherheitsventil, Thermometer, Manometer 24 Thlr.
Durchschnitts-Modell eines Dampfcylinders in Holz gearbeitet 6 "

Meteorologie.

Barometer mit Fischbeinstreifen 8 Thlr.
Dasselbe mit Haar 6 "
Dasselbe, nach Leslie, mit Federpose 4 "
Dasselbe nach Daniell 5 "
Anemometer, Flügelvorrichtung mit Zählwerk 15 "
Regenmenge-Messer mit Zählwerk 12 "
Barometer und Thermometer, s. oben.

Instrumente des optischen Instituts von Merz, Utzschneider u. Fraunhofer in München.

Alle in diesem Verzeichnisse angesetzten Dimensionen sind im zwölftheiligen Pariser Ma und die Preise, franco München, ohne Emballage in Gulden und Kreuzern im 24 fl. Fuß verstehen. Die zu den Fernröhren gehörigen Objective sind alle achromatisch.

Große Refractoren und Heliometer, welche parallaktisch aufgestellt vermitte einer Uhr mit Centrifugalpendel der täglichen Bewegung der Erde folgen, alle nöthig groben und feinen Bewegungen haben und in jeder Lage vollkommen balancirt sind.

1. Größter Refractor von 14 Zoll Oeffnung, 21 Fuß Brennweite, mit einem Stunde kreise von 17 Zoll Durchmesser von Secunde zu Secunde in Zeit, und einem Declinatio kreise von 24 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden durch die Verniers auf silberne Limbus getheilt, sechs gewöhnlichen astronomischen Ocularen von 140, 226, 336, 50 756 und 1200 maliger Vergrößerung nebst einem repetirenden Lampenmikrometer mit ne besonderen Ocularen von 148 bis 2000 maliger Vergrößerung, zwei Ringmikrometer u zwei Sonnengläsern. Der dabei befindliche Sucher hat 34 Linien Oeffnung und 42 Z Brennweite*) 42000
2. Großer Refractor von 12 Zoll Oeffnung und 17½ Fuß Brennweite mit sechs astr nomischen Ocularen zu 116, 188, 280, 630 und 1000 maliger Vergrößerung und ne Mikrometerocularen von 124 bis 1600 maliger Vergrößerung. In allen übrigen Theil wie der vorher benannte 30000
3. Großer Refractor von 10½ Zoll Oeffnung, 15 Fuß Brennweite, einem Stunde kreise von 15 Zoll Durchmesser von 2 zu 2 Secunden in Zeit und einem Declinationskre von 24 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden getheilt, mit den astronomischen Ocular von 160, 240, 360, 540 und 856, den acht Mikrometerocularen von 100 bis 1200 ma ger Vergrößerung und dem Sucher von 29 Linien Oeffnung und 30 Zoll Brennweite 22000
4. Großer Refractor von 9 Zoll Oeffnung, 13⅓ Fuß Brennweite, einem Stunde kreise von 14 Zoll Durchmesser von 2 zu 2 Secunden in Zeit und einem Declinationskre von 20 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden getheilt. Im Uebrigen außer den Vergr ßerungen der astronomischen Oculare zu 142, 212, 320, 480 und 760 mal und denen acht Mikrometerocularen von 94 bis 1000 mal wie Nr. 3***) 15000
5. Refractor von 7 Zoll Oeffnung, 9 Fuß 8 Zoll Brennweite, einem Secundenkreise 9½ Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden in Zeit und einem Declinationskreise von Zoll Durchmesser von 10 zu 10 Secunden getheilt. Die Vergrößerungen der astronom schen Oculare sind 102, 146, 232, 348 und 550, die der sechs Mikrometerocularen ge von 100 bis 580 mal, zugleich findet sich hierbei nur ein Ringmikrometer und ein Suc von 21 Linien Oeffnung und 20 Zoll Brennweite 8000
6. Refractor von 6 Zoll Oeffnung, 8 Fuß Brennweite, einem Stundenkreise von 9 Z Durchmesser von 4 zu 4 Secunden in Zeit, und einem Declinationskreise von 12 Zoll Dur messer von 10 zu 10 Secunden getheilt, fünf astronomischen Ocularen von 85, 127, 19 288 und 456 maliger Vergrößerung, und fünf Mikrometerocularen, deren Vergrößeru von 128 bis 480 mal geht. Im übrigen gleich Nr. 5, außer daß der Sucher 19 Lini Oeffnung hat†) 4800
7. Großer Heliometer von 7 Zoll Oeffnung, 9⅔ Fuß Brennweite, einem Stunde und Declinationskreis, gleich dem von Nr. 4, fünf astronomischen Ocularen von 55, 1 140, 220 und 357 maliger Vergrößerung, und einem Sucher††) 15000
8. Großer Heliometer von 6 Zoll Oeffnung, 8 Fuß Brennweite, im Uebrigen wie

---

*) Derartige Instrumente sind namentlich nach Petersburg und Boston geliefert worde Nach einem Bericht an die Astronomical Society in London hat das Boston'sche Instrum Resultate gegeben, welche das viermal größere Rosse'sche Spiegelteleskop übertreffen.

**) Solche Instrumente befinden sich auf der königl. Sternwarte in Bogenhausen München und in Cincinnati.

***) Instrumente dieser Art sind in Dorpat, Berlin, Kasan, Kiew, Washington.

†) Mehrere Sternwarten Europa's haben dieses Instrument; auf Herschel's Bestellu wurde es für das Cap der guten Hoffnung geliefert.

††) In Petersburg.

vorhergehende, nur besitzen die fünf astronomischen Oculare 45, 94, 119, 185 und 300 malige Vergrößerung*) 12600 fl.

Refractoren und **Heliometer**, wie die obigen parallaktisch aufgestellt, mit allen nöthigen groben und feinen Bewegungen, aber ohne Uhrwerk.

9. Refractor von 52 Linien Oeffnung, 6 Fuß Brennweite, mit Stunden- und Declinationskreis, ersterer im Durchmesser 8 Zoll von 4 zu 4 Secunden in Zeit, letzterer im Durchmesser 10 Zoll von 10 zu 10 Secunden, durch die Verniers auf silbernem Limbus getheilt. Das Fernrohr hat einen Sucher, ein irdisches Ocular von 82 und fünf astronomische von 61, 96, 144, 216 und 324 maliger Vergrößerung, außerdem ein Kreismikrometer und zwei Sonnengläser 2200 fl.

10. Refractor von 48 Linien Oeffnung und 60 Zoll Brennweite. Außer der 66 maligen Vergrößerung eines irdischen Oculares und den Vergrößerungen der fünf astronomischen Oculare zu 54. 80, 120, 180 und 270 mal wie Nr. 9 2000 fl.

11. Kleiner Refractor von 43 Linien Oeffnung, 54 Zoll Brennweite, auf messingener Säule mit drei Füßen und Libelle, mit Stunden- und Declinationskreis von 7 Zoll Durchmesser; ersterer giebt 4 Secunden in Zeit an, letzterer ist von 30 zu 30 Secunden im Bogen getheilt. Das Fernrohr hat einen Suchrr, ein irdisches Ocular von 90, fünf astronomische von 48, 72, 108, 162 und 243 maliger Vergrößerung, ein Kreismikrometer und zwei Sonnengläser 1500 fl.

12. Kleiner Refractor von 37 Linien Oeffnung, 48 Zoll Brennweite. Der Durchmesser des Stunden- und des Declinationskreises hält 4,6 Zoll und ersterer ist von 4 zu 4 Secunden in Zeit, letzterer von Minute zu Minute getheilt. Die Vergrößerung des irdischen Oculares ist 80 und die der vier astronomischen 64, 96, 144 und 216 mal; dabei ein Sonnenglas 900 fl.

13. Kleiner Refractor von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, übrigens wie der vorhergehende, nur ist die Vergrößerung des irdischen Oculares 70 und die der astronomischen 54, 84 und 126 mal 750 fl.

14. Heliometer von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, mit Stunden- und Declinationskreis von 7 Zoll im Durchmesser, ersterer von 4 zu 4 Secunden in Zeit, letzterer von 30 zu 30 Secunden im Bogen getheilt. Das Fernrohr besitzt vier astronomische Oculare von 41, 52, 81 und 131 maliger Vergrößerung 2000 fl.

Zu den Nummern 9 und 10 wird auch auf Verlangen eine Uhr, wie sie die Nr. 1—8 besitzen, für den Preis von 500 fl. gefertigt.

Auch können Nr. 11, 12 und 13 auf Verlangen mit innerhalb der Grenzen von 30 Graden liegender Polhöhen-Veränderung um die Preiserhöhung von 50 fl. gemacht werden.

Kometensucher.

15. Kometensucher von 43 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, mit parallaktischer Aufstellung von gleichen Dimensionen wie Nr. 12, mit vier astronomischen Ocularen von 12, 18, 27 und 40 maliger Vergrößerung. Das Feld hat 5 Grade. 700 fl.

16. Kometensucher von 34 Linien Oeffnung, 24 Zoll Brennweite, auf messingener Säule parallaktisch aufgestellt, die Durchmesser des Stunden- und Declinationskreises 3,6 Zoll haltend und beide Kreise von 5 zu 5 Minuten unmittelbar getheilt. Die Vergrößerungen der Oculare sind 10 und 15 mal und das Feld hat 6 Grade. 490 fl.

17. Kometensucher von gleichen Dimensionen als der vorhergehende, nur ohne alle Aufstellung und von 10 maliger Vergrößerung, 88 fl.
Eine 15 malige Vergrößerung hierzu 11 fl.

Was von Nr. 11, 12 und 13 in obiger Anmerkung gesagt wurde, gilt auch von den Nrn. 15 und 16.

Tuben mit Pyramidalstativ, unmittelbar am Boden stehend, mit den nöthigen feinen Bewegungen:

18. Tubus von 52 Linien Oeffnung, 6 Fuß Brennweite, mit Horizontal-Kreis und Höhen-Grad-Bogen, durch die Verniers von Minute zu Minute getheilt, zwei irdischen Ocularen

*) Ist nach Königsberg und Bonn gekommen.

von 82 und 120, und fünf aſtronomiſchen von 64, 96, 144, 216 und 324 maliger Ver-
größerung, einem Kreismikrometer, zwei Sonnengläſern und Sucher 1500 fl.

19. Tubus von 48 Linien Oeffnung, 60 Zoll Brennweite, mit einem irdiſchen Ocular von 66 und fünf aſtronomiſchen von 54, 80, 120, 180 und 270 maliger Vergrößerung, ſonſt wie der vorige 1250 fl.

20. Tubus von 43 Linien Oeffnung, 60 Zoll Brennweite, auf meſſingener Säule und drei Füßen, mit feiner Vertical-Bewegung, einem irdiſchen Ocular von 66 und fünf aſtronomiſchen von 54, 80, 120, 180 und 270 maliger Vergrößerung, einem Kreismikrometer, Sucher und zwei Sonnengläſern 870 fl.

21. Tubus von 37 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, auf meſſingener Säule und Füßen, mit feiner Verticalbewegung, zwei irdiſchen Oculären von 50 und 70 und vier aſtronomiſchen von 54, 84, 126 und 189 maliger Vergrößerung und einem Sonnenglas. Das Ganze in einem polirten Kaſten 500 fl.

Obige zwei unter Nr. 18 und 19 bemerkte Tuben können auf Verlangen auch mit einfacheren Stativen ohne Eintheilung verfertigt werden, ſo daß dann der Preis von Nr. 18 1200 fl., von Nr. 19 aber 1000 fl. ſein wird.

Tuben, tragbare mit meſſingener Säule auf drei Füßen, mit feiner Verticalbewegung:

22. Tubus von 43 Linien Oeffnung, 54 Zoll Brennweite, mit zwei irdiſchen Oculären von 60 und 90 und fünf aſtronomiſchen von 48, 72, 108, 162 und 243 maliger Vergrößerung, zwei Sonnengläſern und Sucher 692 fl.

23. Tubus von 37 Linien Oeffnung, 48 Zoll Brennweite, mit zwei irdiſchen Oculären von 57 und 80 und vier aſtronomiſchen von 64, 96, 144 und 216 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 422 fl.

24. Tubus von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, mit zwei irdiſchen Oculären von 50 und 70 und drei aſtronomiſchen von 54, 84 und 126 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 330 fl.

25. Tubus von 29 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, mit einem irdiſchen Ocular von 42 und zwei aſtronomiſchen von 60 und 90 maliger Vergrößerung. Das Fernrohr in meſſingene Röhre. 220 fl.

26. Tubus gleich dem vorhergehenden mit Ausnahme einer feinen Verticalbewegung 190 fl.

27. Tubus von 21 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, mit einem irdiſchen Ocular von 32 und zwei aſtronomiſchen von 40 und 60 maliger Vergrößerung. Im Uebrigen gleich Nr. 26. 117 fl.

Tuben ohne Stativ, mit Röhren von Mahagony, in Käſten von Fichtenholz:

28. Tubus von 34 Linien Oeffnung, 48 Zoll Brennweite, mit einem irdiſchen Ocular von und drei aſtronomiſchen von 64, 96 und 144 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 197

29. Tubus von 32,5 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, mit einem irdiſchen Ocul von 55 und zwei aſtronomiſchen von 84 und 126 maliger Vergrößerung nebſt Sonnengl 160

30. Tubus von 27 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, mit einem irdiſchen Ocular v 40 und zwei aſtronomiſchen von 60 und 90 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 94

See- und **Marinefernröhre** mit Röhren von Mahagony, die zwei erſten in ſichten Käſten, die andern in Papp-Etuis:

31. Seefernrohr von 29,5 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, 55 maliger Vergrößerung 97

32. Seefernrohr von 25,5 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, 40 maliger Vergrößerung 68

33. Seefernrohr von 21 Linien Oeffnung, 24 Zoll Brennweite, 39 maliger Vergrößerung 54

34. Seefernrohr von 19 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, 32 maliger Vergrößerung 38

35. Seefernrohr von 15,5 Linien Oeffnung, 16 Zoll Brennweite, 26 maliger Vergrößerung 31

36. Marinefernrohr von 15,5 Linien Oeffnung, 16 Zoll Brennweite 54

37. Marinefernrohr, wie das vorhergehende, aber mit verſtellbarem Ocular, um Vergrößerung zu verändern 57

Zugfernröhre mit hölzerner Röhre und messingenen Auszügen, die ganze Länge um einige Zoll größer als die Brennweite, sämmtlich in Etuis von Maroquin:

38. Zugfernrohr von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, verstellbarem Ocular von 55—80 maliger Vergrößerung und fünf Auszugröhren 196 fl.
39. Zugfernrohr von 29 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, 48 maliger Vergrößerung und fünf Auszugröhren 134 fl.
40. Zugfernrohr von 24 Linien Oeffnung, 24 Zoll Brennweite, 39 maliger Vergrößerung und vier Auszugröhren 80 fl.
41. Zugfernrohr von 21 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, 32 maliger Vergrößerung und vier Auszugröhren 60 fl.
42. Zugfernrohr von 19 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, 28 maliger Vergrößerung und drei Auszugröhren 45 fl.
43. Zugfernrohr von 15,5 Linien Oeffnung, 16 Zoll Brennweite, 26 maliger Vergrößerung und drei Auszugröhren 34 fl.
44. Zugfernrohr von 13 Linien Oeffnung, 13 Zoll Brennweite, 18 maliger Vergrößerung und drei Auszugröhren 26 fl.

Mikroskope, zusammengesetzte in polirten Kästen, und **Lupen**; bei jenen sind die Linsen durchgehends aplanatisch; daher können durch die verschiedenen Combinationen der Objective diejenigen Vergrößerungen hervorgebracht werden, welche zwischen der angegebenen schwächsten und stärksten Vergrößerung liegen:

45. Prismatisches und pankratisches Mikroskop, wobei der Tubus in verticaler und horizontaler Richtung zu gebrauchen ist, mit unabhängiger feiner Bewegung des Tubus und des Objectentisches, prismatischem Beleuchtungsapparate, einem Schraubenmikrometer, um die Durchmesser der Gegenstände in irgend einem bestimmten Maße auf 0,00001 Zoll genau messen zu können, sechs achromatischen Objectiven, zwei gewöhnlichen, zwei Mikrometer-Oculären, einem ferneren mit dem Zeichnungsprisma und zwei neu construirten chemischen Hohlgläsern. Außerdem noch Apparate zu chemischen Untersuchungen, ein Amici'sches Spiegelchen ꝛc. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 12, die stärkste 2400mal. 700 fl.
46. Prismatisches Mikroskop, gleich dem obigen vertical und horizontal zu gebrauchen, mit feiner Bewegung, gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung, fünf achromatischen Objectiven, drei verschiedenen Oculären zum gewöhnlichen Gebrauche und einem Ocular mit dem Zeichnungsprisma, Glasmikrometer ꝛc. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 12, die stärkste 1100 mal. 300 fl.
47. Mikroskop mit gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung, zugehörigem Apparate, vier achromatischen Objectiven und zwei Oculären. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 20, die stärkste 240. 136 fl.
48. Reise-Mikroskop für Naturforscher mit gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung, zwei achromatischen Objectiven und einem pankratischen Ocular. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 90, die stärkste 300. 77 fl.
49. Reise-Mikroskop mit zwei achromatischen Objectiven, Spiegel, Stiellupe, Schieber ꝛc., Alles in einer messingenen Hülse 52 fl.
50. Zusammengesetzte Lupen in messingener Röhre gefaßt von 5, 12, 17, 24 und 32maliger Vergrößerung, jede 5 fl.
51. Einfache Lupen in messingenen Ring gefaßt $2^1/_2$ fl.
52. Einfache Lupen in messingenes Röhrchen gefaßt $1^4/_5$ fl.

Verschiedene Gegenstände.

53. Camera lucida, mit Fassung zum Anschrauben am Tisch, mit vier Augengläsern für Kurz- und Weitsichtige 40 fl.
54. Camera lucida, wie die vorhergehende Nr. 53, mit zwei Augengläsern 33 fl.
55. Heliostat mit Uhrwerk, Stunden- und Declinationsbogen ꝛc. 450 fl.
56. Apparat zur Beobachtung der physisch-optischen Experimente in Bezug auf die Entdeckungen Fraunhofer's über Brechung, Farbenzerstreuung, Beugung des Lichtes, Herbeiführung der Farbenspectra ꝛc. 350 fl.
57. Zwei Heliotrope zum Behuf geodätischer Messungen 600 fl.
58. Licht-Polarisirungs-Apparat 77 fl.

59. Kreis-Mikrometer
a) mit doppeltem Stahlringe 37 fl.
b) mit einfachem Stahlringe 23 fl.

60. Achromatische Objective.

Freie Oeffnung von	12	Linien	14	fl.		Freie Oeffnung von	30	Linien	100	fl.
" " "	14	"	18	"		" " "	33	"	132	"
" " "	16	"	22	"		" " "	36	"	172	"
" " "	18	"	26	"		" " "	39	"	212	"
" " "	21	"	33	"		" " "	42	"	278	"
" " "	24	"	50	"		" " "	45	"	336	"
" " "	27	"	74	"		" " "	48	"	400	"

Mikroskope von Friedrich Wilhelm Schiek in Berlin.

A. **Großes zusammengesetztes Mikroskop** auf messingenem zusammenlegendem Dreifuße. Dasselbe befindet sich an einer Säule mit Charnier, um es auch in horizontaler Lage gebrauchen zu können, und hat eine doppelte Bewegung, nämlich: außer der Bewegung des Körpers durch Zahn und Trieb gegen den Objecttisch läßt sich der letztere auch durch eine, unter demselben befindliche Mikrometerschraube sehr fein gegen den Körper bewegen. Ferner ist durch einen an der linken Seite angebrachten Hebel die Einrichtung getroffen, daß man die Diaphragmen, welche in die Mittelöffnung des Tisches eingesetzt werden, auf und nieder bewegen kann, um dadurch das Licht zur Beleuchtung des Objects zu reguliren und alle falsche Lichtstrahlen abzuhalten. — Es enthält, außer dem Gestelle, neun aplanatische, drei Systeme geordnete Objectivlinsen, vier einfache und ein aplanatisches Ocular, ein Schraubenmikrometer, eine große Linse zur Beleuchtung opaker Objecte von oben, ein mikroskopisches Compressorium, ein Insectenglas, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, zwei Objectschieber mit acht Probe-Objecten, ein Dutzend lange und ein halbes Dutzend runde Objectträger von Glas und eine achromatische Lupe. Alles zusammen in einem verschließbaren Mahagoni-Kasten und im Preise von 200 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung desselben geht von 15 bis 1000 Mal. Nimmt man vom fünften Ocular die Collectivlinse hinweg, so wird die Linear-Vergrößerung — jedoch auf Kosten des Lichtes — bis über 2000 Mal gesteigert.

B. **Mittleres zusammengesetztes Mikroskop** auf messingenem zusammenlegendem Dreifuße. Dasselbe befindet sich gleichfalls an einer Säule mit Charnier, um es auch in horizontaler Lage gebrauchen zu können, und der Körper desselben wird durch Zahn und Trieb gegen den feststehenden Objecttisch bewegt, welcher in Hinsicht der Diaphragmen derselbe Einrichtung hat wie vorstehendes großes Mikroskop. Es enthält, außer dem Gestelle, sechs aplanatische Objectivlinsen, ein aplanatisches und drei einfache Oculare, eine große Linse zur Beleuchtung opaker Objecte von oben, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, zwei Objectenschieber mit acht Probe-Objecten, ein Dutzend lange Objectenträger von Glas und eine Lupe. Alles in einem verschließbaren Mahagoni-Kasten und im Preise von 110 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung desselben geht von 18 bis 800 Mal. — Wird zu diesem Instrument noch ein Schraubenmikrometer verlangt, so erhöht dies den Preis um 30 Thlr., hin bis auf 140 Thlr.

C. **Ein Mikroskop mittlerer Größe, nach Oberhäuser construirt.** An diesem ist der messingene Fuß trommelförmig und die gröbere Bewegung wird durch Zahn und Trieb, die feinere aber durch eine äußerst subtile Schraube, welche sich am hintern Theile des Instruments befindet, bewerkstelligt. — Es enthält, außer dem Gestelle, neun aplanatische Objectivlinsen in drei Systeme geordnet, drei einfache und ein aplanatisches Ocular, ein bewegliches Objecttischchen, welches zugleich als Schraubenmikrometer benutzt werden kann, doch nicht ganz so vollkommen ist, wie das bei dem Instrumente sub A, eine große Linse zur Beleuchtung opaker Objecte von oben, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, ein Insectenglas, zwei Objectenschieber mit acht Probe-Objecten, ein Dutzend lange und ein halbes Dutzend runde Objectenträger von Glas und eine Lupe. Alles in einem verschließbaren Mahagoni-Kasten und im Preise von 130 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung desselben geht von 18 bis 800 Mal.

D. **Kleineres zusammengesetztes Mikroskop** auf messingenem zusammenlegendem Dreifuße. Der Körper desselben wird ebenfalls durch Zahn und Trieb gegen den feststehenden Objecttisch bewegt und enthält, außer dem Gestelle, sechs aplanatische Objec-

linsen, ein aplanatisches und drei einfache Oculare, eine Beleuchtungslinse für opake Objecte, ein Insectenglas, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, zwei Objectenschieber mit acht Probe-Objecten, ein halbes Dutzend lange Objectenträger von Glas und eine Lupe. Unter dem Objecttische befindet sich eine schwarze Blendscheibe mit drei verschiedenen Löchern. Außerdem kann bei dem stärksten Linsensystem das mitgegebene Diaphragma in das runde Loch des Tisches zu Absperrung falscher Lichtstrahlen eingesetzt werden; dasselbe muß jedoch bei schwächern Vergrößerungen wieder entfernt werden, da es bei diesen nicht anzuwenden ist. Alles in einem verschließbaren Mahagoni-Kästchen und im Preise von 80 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung desselben geht von 15 bis 700 Mal.

E. **Kleinstes zusammengesetztes Mikroskop,** dessen gröbere Bewegung aus freier Hand, die feinere aber durch eine Schraube am Objecttisch bewerkstelligt wird. Es enthält, außer dem Gestelle, vier aplanatische Objectivlinsen, zwei Oculare, eine Handpincette und sechs Objectenträger von Glas; zusammen in einem verschließbaren Mahagoni-Kästchen und im Preise von 40 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung geht von 40 bis 500 Mal.

F. **Einfaches Mikroskop.** Dasselbe befindet sich ebenfalls in einem Mahagoni-Kästchen und enthält drei achromatische Objectivlinsen, welche zusammen eine 30malige Linear-Vergrößerung geben, im Preise von 20 Thlr.

G. Einzelne Gegenstände.

Ein Schraubenmikrometer 30 Thlr.
Ein bewegliches Tischchen 10 „
Ein Compressorium 6 „
Ein aplanatischer Ocular 7 „
Ein einfaches Ocular 5 „
Ein zusammengesetztes System von drei achromatischen Objectivlinsen, schwache Vergrößerung 12 Thlr.
Dasselbe, starke Vergrößerung 18 „
Ein Dutzend Objectenträger von geschliffenem Spiegelglas 1 „
Ein Dutzend dünngeschliffene Deckgläschen 12 Sgr.
Achromatische Lupen in Elfenbeinfassung und von 6- und 10maliger Vergrößerung. Beide Arten im Preise gleich, à Stück 4 Thlr.
Lupen auf einem Stativ, je nachdem die Gläser einfach oder achromatisch sind 8—12 „

Apparate und Instrumente von M. Meyerstein, Universitäts-Instrumenten- und Maschinen-Inspector in Göttingen.

Astronomie und Geodäsie.

Meridiankreis, transportabler. Der Radius des silbernen Limbus ist 225mm. Die Theilung ist direct in 5 Minuten und vermittelst der Nonien in 4 Secunden. Das Stativ des Kreises wird durch einen Azimuthalkreis mit Alhidade von 110mm Radius gebildet, auf welcher die Träger der Fernrohr-Axe befestigt sind. Die mit dem Azimuthalkreise in einem Stücke gegossenen Füße sind mit Stellschrauben versehen und dienen zum Nivelliren. Das Fernrohr hat 54mm Oeffnung und 650mm Brennweite. Zu dem Instrumente gehören zwei Libellen, ein prismatisches und zwei astronomische Oculare, nebst einen Sonnenglase. 972 Thlr.

Passageninstrument mit einem Fernrohre von 108mm Oeffnung und 1950mm Brennweite; drei astronomische Oculare und ein Sonnenglas. Die Beleuchtung der Fäden geschieht durch die Axe. 1000 Thlr.

Passageninstrument mit einem Fernrohre von 74mm Oeffnung und 975mm Brennweite; zwei Oculare und ein Sonnenglas 420 Thlr.

Passageninstrument, transportables. Ein Fernrohr von 50mm Oeffnung und 650mm Brennweite, zwei Oculare und ein Sonnenglas. Die Träger der Fernrohr-Axe sind auf der Alhidade eines Azimuthalkreises von 170mm Radius angebracht, an welchem die Füße mit den zum Nivelliren nöthigen Stellschrauben befestigt sind. Der Verticalkreis hat 90mm Radius. Die Beleuchtung der Fäden geschieht ebenfalls durch die Axe. 376 Thlr.

Kleines Passageninstrument. Einrichtung und Construction wie bei Nr. 4, Azimuthalkreis von 110mm, Verticalkreis von 70mm Radius. Das Fernrohr hat 40mm Oeffnung und 470mm Brennweite. 200 Thlr.

6. Aequatorial. Das Fernrohr hat 47mm Oeffnung und 540mm Brennweite. D Stundenkreis hat 130mm und der Declinationskreis 170mm Radius. Die Ablesung mi telst der Nonien geht am ersteren Kreise auf 4 Zeitsecunden, am letzteren auf 4 Secund im Bogen. 520 Th

7. Repetirender Verticalkreis. Verticalkreis von 170mm, Azimuthalkreis von 90m Radius. Die Ablesung am ersteren geht auf 4 Secunden, am letzteren auf 10 Secunde Fernrohr von 47mm Oeffnung und 540mm Brennweite. 500 Th

8. Repetirender Verticalkreis. Verticalkreis von 110mm, Azimuthalkreis von 75m Radius. Die Ablesung am ersteren geht auf 10 Secunden, die am letzteren auf 20 Secund Fernrohr von 36mm Oeffnung und 450mm Brennweite. 250 Th

9. Universalinstrument. Azimuthalkreis von 170mm Radius. Die Theilung des hernen Limbus geht auf 5 Minuten, die Ablesung mittelst der vier Nonien auf 4 Secunde Verticalkreis von 120mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus geht auf 10 Sec den. Die eine Hälfte der Horizontal-Axe bildet das Ocularstück des Fernrohrs zur Er lung gleicher Bequemlichkeit für alle Zenithdistanzen. Das Fernrohr hat 47mm Oeffnu und 540mm Brennweite, zwei Oculare und ein Sonnenglas. 700 Th

10. Universalinstrument. Einrichtung und Construction wie Nr. 9. Azimuthalk von 110mm, Verticalkreis von 75mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus erstern geht auf 10 Secunden, die des letztern auf 20 Secunden. Das Fernrohr hat 36 Oeffnung und 430mm Brennweite. 428 Th

11. Repetitions-Theodolit. Azimuthalkreis von 170mm Radius. Die Theilu des silbernen Limbus geht auf 5 Minuten, die Ablesung mittelst der Nonien auf 4 Secund Verticalkreis von 125mm Radius; die Ablesung an demselben mittelst der Nonien 10 S cunden. Die Oeffnung des Fernrohrs an der Horizontal-Axe, sowie die des Versicherun fernrohrs 47mm, die Brennweite 540. 340 Th

12. Theodolit ohne Repetition und ohne Versicherungsfernrohr, Dimensionen, Theilu und Fernrohr wie Nr. 11 280 Th

13. Repetitions-Theodolit. Azimuthal- und Verticalkreis von 110mm Radi Die Theilung des silbernen Limbus ist bei beiden Kreisen in 10 Minuten und mittelst vier Nonien in 10 Secunden. Das Fernrohr ist an dem einen Ende und der Verticalk an dem anderen Ende der Horizontal-Axe und gewährt in allen Zenithdistanzen gleiche quemlichkeit. Ein zweites Fernrohr mit Axe läßt sich gegen das erstere mit dem Kreise tauschen, wodurch das Instrument für die Messungen azimuthaler Winkel einfacher und quemer wird. Oeffnung der Fernröhre 36mm, Brennweite 430mm; ein prismatisches astronomisches Ocular mit einem Sonnenglase. 360 Th

14. Repetitions-Theodolit. Der Radius des silbernen Limbus des Azimuthalkre ist 110mm, die Theilung direct in 10 Minuten und mittelst der vier Nonien in 10 Secund Der an der Horizontal-Axe befindliche Verticalkreis hat 80mm Radius und ist durch die nien in 20 Secunden getheilt. Oeffnung beider Fernröhre des Hauptrohrs an der H zontal-Axe und des Versicherungsrohres 36mm, Brennweite 430mm. 250 Th

15. Theodolit ohne Repetition und ohne Versicherungsrohr; die Dimensionen und T lung wie Nr. 14 150 Th

16. Astronomischer Theodolit. Radius des Kreises 110mm, die Theilung des silber Limbus ist mittelst der Nonien in 10 Secunden. Mit diesem Instrumente können auch wohl Azimuthal- als auch Vertical-Winkel repetirend gemessen werden. Oeffnung Fernrohrs 36mm, Brennweite 430mm. 380 Th

17. Repetitions-Theodolit. Radius des silbernen Limbus 85mm; die Theilung Azimuthalkreises ist mittelst der Nonien in 10 Secunden, die des Verticalkreises in 20 cunden. Oeffnung des Fernrohrs 25mm, Brennweite 250mm. 160 Th

18. Repetitions-Theodolit. Radius des silbernen Limbus des Azimuthalkre 85mm, des Verticalkreises 70mm. Die Ablesung am ersteren ist mittelst der Nonien 20 cunden, am letztern 10 Secunden. Das Fernrohr ist an dem einen Ende der Horizon Axe, der Kreis an dem andern angebracht. Ein zweites Fernrohr (Versicherungsrohr) sich gegen jenes vertauschen, so daß dieses Instrument dieselbe Bequemlichkeit bietet, wie Theodolit Nr. 13. Oeffnung der Fernröhre 18mm, Brennweite 160mm, ein prismati Ocular- und ein Sonnenglas. 160 Th

19. Theodolit ohne Repetition. Radius des silbernen Limbus des Azimuthal-, sowie Verticalkreises 85mm. Die Ablesung der ersteren ist vermittelst der Nonien 20 Secund des letzteren einzelne Minuten. Das Fernrohr wie Nr. 18. 90 Th

20. Theodolit ohne Repetition. Die Dimensionen, Theilung und Fernrohr wie Nr. 19; die Axe von Glas, anstatt von Stahl. 100 Thlr.
21. Nivellirinstrument nach Reichenbach, mit einem Azimuthalkreise von 70mm Radius. Der silberne Limbus ist durch die Nonien in einzelne Minuten getheilt. Die Ablesung mittelst eines Nonius 10 Secunden. Oeffnung des Fernrohres 36mm, Brennweite 430mm. 150 Thlr.
22. Nivellirinstrument ohne Verticalkreis 100 "
23. Desgl. ohne Azimuthalkreis 60 "
24. Desgl. nach Stampfer 100 "
25. Desgl. nach Stampfer, kleinerer Art 60 "
26. Heliotrop nach Gauß 100 "
27. Desgl. nach Steinheil, ohne Fernrohr 14 "
28. Dipleidoskop nach Dent 12 "
29. Desgl. mit einem Fernrohr 22 "
30. Desgl. zu Beobachtungen außer dem Meridian 30 "
31. Distanzmesser nach Fraunhofer. Oeffnung des Fernrohrs 36mm, Brennweite 430mm. 80 Thlr.
32. Prismenkreis nach Steinheil, neueste Construction 180 "
33. Ein Stativ zum Prismenkreis, welches alle nöthigen Bewegungen zuläßt 54 "
34. Spiegelkreis. Radius des Kreises 70mm 96 "
35. In Verbindung mit einem Prisma von 40—90 "
36. Sextant. Radius 160mm 80 "
37. Desgl. Radius 130mm 70 "
38. Desgl. Radius 100mm 50 "
39. Kippregel mit einem Fernrohr von 25mm Oeffnung und 250mm Brennweite 40 "
40. Meßtisch nach Reichenbach 27 "
41. Schmalkalder's Bussole mit Prisma 16 "

Physik.

a) Maß und Gewicht.

1. Wage nach Robinson, welche bei einer Belastung von 500 Gramm auf 0,1 Milligramm noch einen merklichen Ausschlag giebt 115 Thlr.
2. Dieselbe, etwas kleiner, für 300 Gramm Belastung 90 "
3. Wage, besonders für chemische Analysen bestimmt, mit einer Vorrichtung zur Bewegung des Laufgewichtes 60 Thlr.
4. Wage nach Weber, die Aufhängung des Balkens und der Schalen an Coconfäden. Bei einer Belastung von 80 Gramm giebt dieselbe auf 0,1 Milligramm noch einen merklichen Ausschlag 30 Thlr.
5. Wage nach Weber, die Aufhängung des Balkens und der Schalen in Federn, für eine Belastung von 25 Kilogramm 35 Thlr.
6. Dieselbe, für eine Belastung von 50 Kilogramm 50 "
7. Wage, ähnlich der Nr. 3 40 "
8. Desgl. kleiner 30 "
9. Normalpfund, vergoldet und in einer Kapsel von Messing aufbewahrt 17 "
10. Ein halbes Kilogramm (Normalgewicht), ebenfalls vergoldet und in einer Kapsel von Messing aufbewahrt 17 Thlr.
11. Ein Satz Gewichte von 0,1 Gran bis 12 Unzen (Hannov. Normalgewichte) 36 "
12. Ein Satz Gewichte von 1 Milligramm bis 50 Gramm; die Gewichte von 1 Milligramm bis 1 Gramm sind von Platina, die übrigen von Messing 10 Thlr.
13. Ein Satz Gewichte wie die vorhergehenden, von Argentan statt von Messing 11 "
14. Comparator zur Untersuchung von Längenmaßen. Derselbe ist mit zwei Mikrometer-Mikroskopen versehen, welche sich auf einem stählernen Cylinder von 1200mm Länge verschieben und an demselben feststellen lassen. 140 Thlr.
15. Comparator wie der vorhergehende, aber mit einem Reißerwerke, um Normalmaße übertragen zu können 160 Thlr.
16. Längentheilungsmaschine mit einer 650mm langen Schraube 80 "
17. Desgl. nach Meyerstein's Angabe 140—200 "
18. Längentheilungsmaschine zu Anfertigung von Glasmikrometern 35 "

19. Ein Meter auf einer dünnen Schiene, in einzelne Millimeter getheilt, welche nach de Kater'schen Art auf einer soliden Messing- oder Stahlstange befestigt ist 30 Thlr
20. Dasselbe, die Theilung auf Silber 45 "
21. Fühlhebel-Niveau 40 "
22. Fühlhebel-Sphärometer, zur Untersuchung der Formen von Oberflächen (nac eigener Angabe) 17 Thlr
23. Fühlhebel-Sphärometer nach eigener Angabe, bei welchem Unterschiede vo 0,001mm sehr deutlich zu erkennen sind 30 Thlr
24. Sphärometer nach Cauchoir 12 "
25. Dickenmesser mit Fühlhebel und Gradbogen 6 "

b) Aerostatik und Meteorologie.

1. Luftpumpe mit einem Wechselhahn. Die Höhe des Cylinders 430mm, der Durchmes 90mm, der Durchmesser des Tellers 323mm. Indem der Embolus seinen höchsten und tie sten Stand erreicht, wird der Wechselhahn durch eine einfache Vorrichtung geöffnet und g schlossen 180 Thl
2. Luftpumpe von denselben Dimensionen, aber ohne die Vorrichtung zum Selbstschließ und Oeffnen des Hahns 160 Thl
3. Luftpumpe von denselben Dimensionen, mit zwei Cylindern und mit der Vorrichtu zum Schließen der Wechselhähne 300 Thl
4. Luftpumpe mit einem Cylinder. Die Höhe des Cylinders 300mm, der Durchmes 65mm, der Durchmesser des Tellers 270mm, ebenfalls zum Selbstschließen des Hahns einge richtet 140 Thl
5. Luftpumpe wie die vorhergehende, ohne Selbstschluß des Hahns 122 "
6. Desgl. von denselben Dimensionen, aber mit zwei Cylindern und mit Selbstschluß d Hähne 230 Thl
7. Gefäß-Barometer, nach Fortin 60 "
8. Gefäß-Barometer nach eigener Angabe, bei welchem das Gefäß nur aus Stahl u Glas besteht und demnach eine Verunreinigung des Queckfilbers niemals stattfindet; u einem Verschluß der Röhre, durch welchen dieselbe gegen das Zerspringen durch zu gro Temperatur-Unterschiede beim Transport geschützt ist 60 Thl
9. Heber-Barometer mit zwei beweglichen achromatischen Mikroskopen 56 "
10. Heber-Barometer mit einem Mikroskop, welches sich auf einem Messingcylind der parallel mit der Barometerröhre liegt, der Länge nach verschieben und vermitt einer feinen Mikrometerschraube einstellen läßt. Der Messingcylinder dient zugleich a Etalon 45 Th
11. Heber-Barometer nach eigener Einrichtung 17 "
12. Thermometer nach Bessel's Methode calibrirt und in 0,1 Grade eingetheilt 15 "
13. Hygrometer nach de Luc 4 Th
14. Desgl. nach de Sauffure 5 "
15. Desgl. nach Daniell 10 "
16. Psychrometer mit Befeuchtungsvorrichtung, nach Listing's Angabe, nebst Tas 10⅔ Th

c) Magnetismus.

1. Magnetischer Apparat zur Bestimmung der absoluten Declination und Intensität horizontalen Theiles des Erdmagnetismus, incluf. eines Hülfsapparats 160 Th
2. Magnetischer Apparat, nur für die Beobachtungen der Variationen der Declinati Der schwingende Stab ist bei diesem, wie bei dem vorhergehenden Apparate 630mm la und 1870 Gramm schwer 50 Th
3. Magnetischer Apparat wie Nr. 1 mit einem Stabe von 350mm Länge und 8 Gramm Gewicht, incluf. des Hülfsapparates 95 Th
4. Magnetischer Apparat wie Nr. 2, aber nach den Dimensionen des vorhergehen 32 Th

Die Preise der einzelnen Theile des Magnetometers für die Stäbe von 1870 Gramm 500 Gra

Ein Schiffchen mit Torsionskreis	15 Thlr.	12 Th
Desgl. ohne Torsionskreis	4 "	2 "
Eine Spiegelfassung	10 "	8 "
Ein Torsionsstab	9 "	4 "
Virgo transversalis, mit vergoldeten Gewichten	9 "	7 "

	Stäbe von 1870 Gramm	800 Gramm
Eine Suspension	8 Thlr.	Thlr.
Eine Scale	1 "	1 "
Ein Dämpfer	22 "	9 "
Ein Spiegel	von 5—40 "	

5. Bifilar-Magnetometer zu den Beobachtungen der Variationen der Intensität des horizontalen Theiles des Erdmagnetismus. Das Gewicht des schwingenden Stabes ist 11650 Gramm, seine Länge 1200mm — 100 Thlr.
6. Ein Dämpfer zu diesem Apparate — 40 "
7. Bifilar-Magnetometer für einen Stab von 630mm Länge — 76 "
8. Desgl. einfachster Art — 40 "

Sämmtliche magnetische Apparate von Nr. 1 bis 9 sind nach Gauß.

9. Magnetischer Apparat nach Weber, welcher sich besonders für die Beobachtungen auf Reisen, sowohl für die Bestimmung der Variationen der Declination, als auch für die absolute Declination und Intensität des horizontalen Theiles des Erdmagnetismus eignet — 170 Thlr.
10. Derselbe Apparat in kleinerem Maßstabe ausgeführt — 120 "

Diese Apparate, sowie sämmtliche größere Magnetometer sind für die Aufnahme eines Multiplicators eingerichtet.

11. Bussole zur Bestimmung der absoluten Intensität, nach Weber — 15 Thlr.
12. Inclinatorium nach Robinson, Länge der Nadeln 240mm — 130 "
13. Inclinatorium, bei welchem der Kreis die Nadel nicht umgiebt, sondern in einiger Entfernung von derselben sich befindet. Der Kreis trägt eine Alhidade, an welcher zwei mit Mikrometern versehene Mikroskope befestigt sind, vermittelst welcher die Stellung der Nadel beobachtet wird. Dem Instrumente sind vier Nadeln von 240mm Länge, zwei Tragstäbe, ein Trog zur Aufnahme der Nadeln, welche gestrichen werden sollen, eine Pinzette, um die Nadel mit Sicherheit in die Pfanne legen zu können, sowie auch eine Declinationsnadel zur Orientirung beigegeben. Die Umkehrung der Nadel geschieht, ohne den Kasten zu öffnen — 280 Thlr.
14. Inclinatorium nach eigener Angabe, bei welchem man die Neigung der Nadel in einer getheilten Spiegelplatte beobachtet — 120 Thlr.
15. Apparat zur Bestimmung der Schwingungsdauer der Inclinations-Nadel — 6 "
16. Mikroskopischer Apparat zur Bestimmung der Collimationsfehler der Inclinations-Nadeln — 45 Thlr.
17. Apparat für die Variationen der Inclination, nach Weber — 55⅔ "
18. Desgl. zu Bestimmung des verticalen Theils des Erdmagnetismus, bestehend aus einem Stabe von 630mm Länge, welcher in der Mitte zwei Planspiegel trägt — 45 Thlr.
19. Inductions-Inclinatorium nach Weber — 60 "
20. Oscillations-Inclinatorium — 60 "
21. Tangenten-Bussole nach Weber — 15 "
22. Sinus-Bussole — 120 "
23. Astatische Nadel mit Multiplicator, nach Nobili — 15 "
24. Elektromagnetischer Rotations-Apparat nach Weber — 80 "
25. Commutator nach Gauß (zwei verschiedene Arten) — von 1⅛—2 "

d) Optik.

Achromatische Lupen von 5, 10 und 15 facher Linear-Vergrößerung	3½ Thlr.
Einfache Lupe aus Bergkrystall	1⅔ "
Desgl. aus gutem Spiegelglase	von ⅔—2 "
Camera lucida nach Fraunhofer	16 "
Desgl. nach Wollaston	5 "
Desgl. nach Sömmerring	5 "
Desgl. nach Amici	6 "
Camera obscura mit Prisma	20 "
Desgl. zum Zweck der Anfertigung von Lichtbildern	von 40—120 "
Goniometer mit Fernrohr und einer zweckmäßigen Einrichtung für die Bewegungen des Krystalles	80 Thlr.
Goniometer nach Wollaston	25 "
Desgl. zum Anlegen	6 "

Polarisations-Apparat nach Nörremberg	30 Thlr.
Desgl. nach Arago	30 "
Desgl. einfachster Art	12 "
Pinette mit zwei Turmalinplättchen	4 "
Nicol'sches Prisma, nach Verhältniß der Größe,	6—10 "
Presse, um das Glas zu krümmen	4½ "
Desgl. um das Glas zu drücken	4½ "
Mikroskop aus drei achromatischen Linsen zusammengesetzt, die stärkste Vergrößerung ist 206fach	22 Thlr.
Mikroskop, ebenfalls aus drei achromatischen Linsen zusammengesetzt. Zu diesem Mikroskop gehören drei Oculare, wovon das eine ein Mikrometer enthält, eine Beleuchtungslinse für undurchsichtige Gegenstände. Die stärkste Vergrößerung ist 300, die schwächste 30 fach	34 Thlr.
Microscope condé, mit denselben Zuthaten wie beim vorhergehenden	37 "
Mikroskop größerer Art, mit einem Dreifuße zum Zusammenlegen	60 "
Mikroskop wie das vorhergehende, mit einem Mikrometertische	80 "
Mikroskop mit Ambos nach Oberhäuser, mit einem Linsensysteme	60 "
Mikroskop mit beweglichem Faden-Mikrometer	15 "
a) Ein Linsensystem zum Mikroskop, aus drei achromatischen Linsen zusammengesetzt	8 "
b) Ein stärkeres	14 "
c) Ein Ocular	3 "
d) Ein Mikrometer, das Millimeter in 10 Theile	3 "
e) Ein desgl., das Millimeter in 50 Theile	5 "
f) Ein desgl., das Millimeter in 100 Theile	7 "
g) Eine Beleuchtungslinse	3 "
Mikroskop zur Messung der Winkel der kleinsten Krystalle	60 "
Eine mikroskopische Vorrichtung zur Bestimmung der Focaldistanzen converer Gläs	55 Thl.
Ein Prisma aus Crown- und Flintglas; nach Verhältniß der Größe von	4—12 "
Ophthalmotrop nach Ruete, zur Versinnlichung der Augenmuskel-Functionen	17 "
Heliostat (einfaches)	21 "

Mathematische Instrumente der Reichenbach'schen mathematisch-mechanischen Institute von T. Ertel u. Sohn in München.

Alle optischen Gläser sind aus dem optischen Institute von Utzschneider u. Fraun hofer in München entnommen, alle angegebenen Größen in zwölftheiligem Pariser Ma und die Preise ohne Verpackung im 24-Guldenfuße zu verstehen.

1. Meridiankreis. Der silberne Limbus eines Kreises hat 48 Zoll im Durchmesser u ist unmittelbar von 2 zu 2 Minuten (jeder Grad in 30 Theile) getheilt. Das Ablesen g schieht vermittelst vier Mikrometer-Mikroskope, welche Theile von Secunden am Kreis erke nen lassen. Diese sind an einem kreisförmigen Träger, mit den nöthigen Correctionen u Versicherungs-Libellen versehen, befestigt. — Das Instrument hat zwei Kreise, von gleic Größe und Schwere, wovon einer zum Ablesen, wie Anfangs erwähnt, fein getheilt, d andere, entgegengesetzt stehend, als Gegengewicht dient und nur eine grobe Theilung z Aufsuchen erhält. — Die Klemm- und Mikrometer-Bewegungen gehen vom Mittel der aus, so daß kein Kreis berührt wird. — Der Meridiankreis ist wie ein Passageninstrum zur Untersuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umschlagen eingeri wozu eigens construirte Umlegungen ausgeführt werden, welche die Einrichtung besitzen, das Instrument nicht mehr wie früher aus seinen Pfeilern herausgefahren, sondern, wen nur um einige Zolle aus seinen Lagern gehoben ist, unmittelbar umgelegt werden kann. Instrument ist in allen seinen Theilen aufs vollkommenste balancirt und hat eine groß belle (1 Secunde = 1,5 Pariser Linien) für die Hauptaxe. — Das Fernrohr, dessen fingente Rohre, der größeren Steifigkeit halber, eine verhältnißmäßig conische Form e ten, hat ein achromatisches Objectiv von 96 Zoll Brennweite und 66‴ Oeffnung, astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Objectiv und Ocular Umstecken eingerichtet. Die Fadenbeleuchtung, mit einer Vorrichtung zur Moderation Lichtes, für helles Feld und dunkle Fäden, geschieht durch die Hauptaxe, jene für helle F

und dunkles Feld durch die Ocularröhre. Sowohl die verticalen als horizontalen Fäden sind so streng bei dunklem Feld erleuchtet, daß man bei verticaler Stellung des Fernrohres ein deutlich reflectirtes Bild der Fäden vom Queckſilberhorizont erhält, welches zur Unterſuchung des Collimationsfehlers, der Verticalität der Fäden, des Nullpunktes ꝛc. dienlich iſt. Zur Unterſuchung der genauen Rundung der Stahlzapfen ſind empfindliche Libellen angebracht. — Die Einrichtung, ob die Mikroſkope feſt am Pfeiler oder an einer Alhidade befeſtigt ſein ſollen, hängt vom Beſteller ab; auch können an allen Meridiankreiſen ſtatt der geraden, gebrochene Fernröhre angebracht werden, über deren Conſtruction und Koſten man ſich bei der Beſtellung verſtändigt. 9000 fl.

2. Meridiankreis. Der ſilberne Limbus des Kreiſes von 3 Fuß 4 Zoll Durchmeſſer iſt vermittelſt vier Nonien von Secunde zu Secunde getheilt. Der Meridiankreis iſt wie ein Paſſageninſtrument zur Unterſuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umſchlagen eingerichtet, in allen ſeinen Theilen vollſtändig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe, die andere an der Alhidade zur Verſicherung des feſten Standes der Nonien beim Drehen des Kreiſes. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 96 Zoll Brennweite und 66 Linien Oeffnung, vier aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Horizontalaxe. Außerdem wie vorhergehender. 8000 fl.

3. Meridiankreis. Der ſilberne Limbus des Kreiſes von 3 Fuß Durchmeſſer iſt vermittelſt vier Nonien von 2 zu 2 Secunden getheilt. Der Meridiankreis iſt zur Berichtigung und Unterſuchung des Collimationsfehlers zum Umſchlagen eingerichtet, in allen ſeinen Theilen vollſtändig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe, die andere an der Alhidade zur Verſicherung des feſten Standes der Nonien beim Drehen des Kreiſes. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 60 Zoll Brennweite und 51 Linien Oeffnung, vier aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Horizontalaxe. 5800 fl.

4. Meridiankreis. Der ſilberne Limbus des Kreiſes von 2 Fuß Durchmeſſer iſt vermittelſt vier Nonien von 2 zu 2 Secunden getheilt. Der Meridiankreis iſt zur Unterſuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umhängen eingerichtet, in allen ſeinen Theilen vollſtändig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe, die andere an der Alhidade zur Verſicherung des feſten Standes der Nonien beim Drehen des Kreiſes. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 50 Zoll Brennweite und 42 Linien Oeffnung, vier aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Hauptaxe. 3000 fl.

5. Meridiankreis. Der ſilberne Limbus des Kreiſes von 20 Zoll Durchmeſſer iſt vermittelſt vier Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt. Der Meridiankreis iſt zur Unterſuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umſchlagen eingerichtet, in allen ſeinen Theilen vollſtändig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe, die andere an die Alhidade zur Verſicherung des feſten Standes der Nonien beim Drehen des Kreiſes. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 42 Zoll Brennweite und 34 Linien Oeffnung, drei aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Hauptaxe. 2600 fl.

Sollten auch an den Inſtrumenten Nr. 2—5 ſtatt der Nonien vier Mikrometer-Mikroſkope zum Ableſen verlangt werden, ſo bleibt der Preis bei Nr. 2 unverändert, bei Nr. 3, 4 und 5 aber erhöht er ſich um 450 fl.

6. Meridiankreis, tragbarer. Der ſilberne Limbus des Kreiſes von 16 Zoll Durchmeſſer iſt vermittelſt vier Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt. Der Azimuthalkreis von 12 Zoll Durchmeſſer, welcher durch zwei Nonien von Minute zu Minute auf Silber getheilt iſt, bildet zugleich den Fuß des Inſtrumentes. Der Meridiankreis iſt zur Unterſuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umlegen eingerichtet, in allen ſeinen Theilen vollſtändig balancirt, und hat zwei Libellen, die eine zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe, die andere an die Alhidade zur Verſicherung des feſten Standes der Nonien beim Drehen des Kreiſes. Die grobe und feine Bewegung der Horizontalaxe in ihren Lagern geſchieht durch einen in der Mitte deſſelben angebrachten Hebel, welcher gegen die Büchſe des Verticalkreiſes drückt. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 24 Zoll Brennweite und 24 Linien Oeffnung, ein prismatiſches Ocular mit zwei Okularköpfen zum Verſchieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Axe des Fernrohrs. 1400 fl.

7. Paſſageninſtrument im erſten Vertical nach unſerer neueſten Conſtruction. Das Inſtrument hat ein achromatiſches Objectiv von 72 Linien Oeffnung und 92 Zoll Brenn-

weite nebſt vier Ocularen zum Verſchieben. Das Fernrohr befindet ſich zur Seite der Haupt
are, deren Rohre, der größeren Steifigkeit willen, eine elliptiſche Form haben. Der Auf
ſuchungskreis befindet ſich an einem Ende des Fernrohres, zunächſt am Ocular, deſſen In
derträger mit einer Libelle verſehen iſt. Die Beleuchtung, welche moderirt werden kann
geht durch die Hauptare. Das Inſtrument iſt in allen Theilen vollſtändig balancirt un
dahin eingerichtet, daß es in der kürzeſten Zeit und auf die einfachſte Weiſe leicht umgele
werden kann. Hierzu eine große Libelle auf die Hauptare. 6500

8. Paſſageninſtrument. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 96 Zo
Brennweite und 66 Linien Oeffnung, vier aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und e
Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Hauptare. Dieſe iſt gegen d
älteren zweckmäßiger eingerichtet, gehörig balancirt und mit einer großen Libelle verſehe
Für die möglichſte Verminderung der Zapfenreibung, wie bei den Meridiankreiſen, iſt See
getragen. 3800

9. Paſſageninſtrument. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 72 Z
Brennweite und 52 Linien Oeffnung, vier aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und e
Sonnenglas. Das Inſtrument hat eine Libelle zum Aufſtecken auf die Horizontalare, du
welche letztere die Fädenbeleuchtung geſchieht. Die übrige Einrichtung des Inſtrumentes
der des vorhergehenden gleich. 2900

10. Paſſageninſtrument. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 42 Z
Brennweite und 34 Linien Oeffnung, drei aſtronomiſche Oculare zum Verſchieben und
Sonnenglas. Hierzu eine Libelle zum Aufſtecken auf die Horizontalare. Uebrigens
die vorhergehenden. 1100

Die Aufſuchungskreiſe an den vorhergehenden Paſſageninſtrumenten werden nach B
langen an den Aren oder an den Fernrohr-Ocular-Enden, da bei letzterer Art der Verni
träger eine Libelle hat, angebracht.

11. Zwei Paſſageninſtrumente zur Berichtigung der optiſchen Are der vorhergehen
Inſtrumente eingerichtet. Jedes Fernrohr iſt zum Umſchlagen eingerichtet und hat ein ac
matiſches Objectiv von 24 Linien Oeffnung und 42 Zoll Brennweite, drei aſtronom
Oculare zum Verſchieben. Die beiden Aren haben Libellen zum Aufſtecken und ruhe
metallenen Lagern, welche letztere mit einander verbunden ſind. 152

12. Zwei Collimatoren. Jedes Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 24 Lin
Oeffnung und 34 Zoll Brennweite und zwei Oculare zum Verſchieben, iſt an zwei Enden
centriſch gedreht und läßt ſich hier in metallenen Lagern um ſeine optiſche Are drehen,
auch eine Libelle zum Aufſtecken. 95

13. Paſſageninſtrument, tragbares, mit einem gebrochenen Fernrohre. Dieſes
ein achromatiſches Objectiv von 24 Linien Oeffnung und 22 Zoll Brennweite, zwei a
nomiſche Oculare und ein Sonnenglas. Das Inſtrument hat einen Verticalkreis
6 Zoll und einen Azimuthalkreis, welcher zugleich den Fuß bildet, von 14 Zoll; er
mittelſt eines Nonius von Minute zu Minute, letzterer mittelſt vier Nonien von 10
Secunden, beide auf ſilbernen Limbus, getheilt. Hierbei eine Libelle zum Aufſtecken
die Horizontalare. 70

14. Paſſageninſtrument, tragbares, mit einem gebrochenen Fernrohre. Dieſes
ein achromatiſches Objectiv von 18 Zoll Brennweite und 19 Linien Oeffnung, zwei a
nomiſche Oculare und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Ar
Fernrohres. Das Inſtrument hat einen Verticalkreis von 5 Zoll und einen Azimut
kreis, welcher zugleich den Fuß bildet, von 12 Zoll Durchmeſſer; erſterer iſt mittelſt eines
nius von Minute zu Minute, letzterer mittelſt vier Nonien von 10 zu 10 Secunden,
auf ſilbernem Limbus, getheilt. Hierbei eine Libelle zum Aufſtecken auf die Horizontal
60

15. Paſſageninſtrument, tragbares, mit einem gebrochenen Fernrohre. Dieſes
ein achromatiſches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung, ein aſtr
miſches Ocular und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geſchieht durch die Ar
Fernrohres. Das Inſtrument hat einen Verticalkreis von 4 Zoll und einen Horizo
kreis, welcher zugleich den Fuß bildet, von 10 Zoll; erſterer mittelſt einer, letzterer mi
vier Nonien von Minute zu Minute getheilt. Hierbei eine Libelle zum Aufſtecken au
Horizontalare. 47

16. Großer Vertikalkreis, von 3 Fuß 4 Zoll Durchmeſſer, von 2 zu 2 Min
getheilt. Das Ableſen geſchieht mittelſt 4 Mikroſkope. Das Fernrohr hat ein achrom

sches Objectiv von 6 Fuß Brennweite und 66 Linien Oeffnung. Das prismatische Ocular hat 4 Einsätze und 1 Sonnenglas. Das Instrument ist in allen seinen Theilen vollständig balancirt, hat einen Dreifuß mit aufrechtstehender Säule von Kanonenmetall, wodurch dasselbe transportabel genannt werden kann, und 2 Libellen, eine für die Horizontalaxe, die andere zur Versicherung des festen Standes der Mikroskope. 9000 fl.

17. Verticalkreis, repetirender, von 3 Fuß Durchmesser, vermittelst 4 Nonien auf silbernem Limbus von 2 zu 2 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 48 Zoll Brennweite und 37 Linien Oeffnung. Das prismatische Ocular hat 4 Einsätze und 1 Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohres. Das Instrument hat 2 Libellen, eine für die Horizontalaxe, die andere für die Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien. Außerdem wie der vorhergehende. Sollten statt der Nonien 4 Mikroskope zum Ablesen des Kreises verlangt werden, so wird das Instrument nicht repetirend. Der Preis bleibt übrigens derselbe. 4400 fl.

18. Verticalkreis, repetirender tragbarer, von 18 Zoll, mit einem Azimuthalkreis von 8 Zoll Durchmesser; beide Kreise mit silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 2 zu 2 Secunden, der letzte durch 1 Nonius von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 24 Zoll Brennweite und 22 Linien Oeffnung, 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohres. An der Verticalaxe ist eine große Libelle befindlich, und eine bewegliche am Kreise zur Versicherung des festen Standes desselben beim Drehen der Alhidade. Eine dritte Libelle dient zum Anhängen am Horizontalzapfen. 1600 fl.

19. Verticalkreis, tragbar repetirender, mit einem Höhenkreise von 14 und einem Azimuthalkreise von 6 Zoll Durchmesser; beide Kreise auf silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden, der letzte durch einen Nonius von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 21 Zoll Brennweite und 22 Linien Oeffnung, ein prismatisches Ocular zum Verschieben und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine am Horizontalzapfen, die andere am Höhenkreise zur Versicherung seines festen Standes bei Drehen der Alhidade. 1200 fl.

20. Verticalkreis, tragbar repetirender, mit einem Höhenkreise von 10 und einem Azimuthalkreise von 6 Zoll Durchmesser. Beide auf silbernem Limbus; der erste durch 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt, der letzte durch einen Nonius von 10 zu 10 Secunden. Das achromatische Fernrohr hat ein Objectiv von 18 Zoll Brennweite und 19 Linien Oeffnung, 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine für den Horizontalzapfen, die andere am Höhenkreise zur Versicherung seines festen Standes bei Drehen der Alhidade. 900 fl.

21. Verticalkreis, tragbar repetirender, mit einem Höhenkreise von 8 Zoll Durchmesser, auf silbernem Limbus, durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat 1 achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung, 1 prismatisches und 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine für den Horizontalzapfen, die andere am Höhenkreise zur Versicherung des festen Standes desselben beim Drehen der Alhidade. 600 fl.

22. Aequatorialinstrument, mit einem Stunden- und einem Declinationskreise, ersterer auf silbernem Limbus von 14, letzterer von 24 Zoll Durchmesser, durch 2 Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt; der erstere giebt 4 Secunden in Zeit, der andere 4 Secunden im Raum. Das achromatische Fernrohr hat ein Objectiv von 42 Zoll Brennweite und 38 Linien Oeffnung, 3 astronomische Oculare, 1 prismatisches, 1 Kreis- und 1 Repetirfilarmikrometer und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat einen Dreifuß mit aufrechtstehender Säule von Kanonenmetall und 3 Libellen. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe. Das Instrument ist zugleich als Verticalkreis brauchbar. 5500 fl.

23. Aequatorialinstrument, tragbares, auf einer messingenen Säule ruhend. Der Stundenkreis von 8 und der Declinationskreis von 12 Zoll Durchmesser sind auf silbernem Limbus durch 2 Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt; der erste giebt 4 Secunden in Zeit, der andere 4 Secunden im Raum. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 20 Zoll Brennweite und 18 Linien Oeffnung, 2 astronomische Oculare, 1 Sonnenglas, 1 Kreis- und 1 Repetirfilarmikrometer. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Hauptaxe. Das Instrument hat 2 Libellen. 1400 fl.

24. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 18 Zoll Durchmesser, direct von 2 zu 2 Minuten getheilt (1° = 30). Das Ablesen geschieht vermittelst 4 diametralste-

hender Mikroskope, welche eine Secunde angeben. Ein Höhen- und ein Aufsuchungskreis von 12 Zoll Durchmesser, sämmtlich auf silbernem Limbus, der erstere vermittelst 4 Nonien von 2 zu 2 Secunden, der letztere vermittelst eines Nonius von Minute zu Minute. Der Höhenkreis hat die Einrichtung eines Meridiankreises. Das gebrochene Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 34 Linien Oeffnung und 28 Zoll Brennweite, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas und ist in seinen Lagern, zur Verminderung der Aren-Reibung, vollständig balancirt. Das Versicherungsfernrohr hat 20 Linien Oeffnung und 20 Zoll Brennweite. Alle Klemm- und Mikrometer-Bewegungen vom Mittelpunkt ausgehend. Der Horizontalkreis bewegt sich auf seiner eigenen Büchse, unabhängig von jener der Alhidade, und kann daher verdreht werden, ohne daß dabei eine Verrückung der Alhidade möglich wäre, ebenso umgekehrt die Alhidade. Das Instrument hat eine große Libelle für die Hauptaxe, eine zweite an der Höhenalhidade zur Versicherung ihres unveränderten Standes während der Drehung des Höhenkreises. 2300 fl.

25. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreis von 14 Zoll Durchmesser, durch 4 Verniers von 2 zu 2 Secunden getheilt, einem Höhen- und Aufsuchungskreis von 10 Zoll Durchmesser; ersterer giebt durch 4 Verniers 4 Secunden, letzterer durch eine 1 Minute. Das gebrochene Fernrohr hat 21 Linien Oeffnung und 18 Zoll Brennweite, das Versicherungsfernrohr 15 Linien Oeffnung und 16 Zoll Brennweite. Die übrigen Einrichtungen sind wie am vorhergehenden. 1700 fl.

26. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreis von 12 Zoll, einem Höhen- und einem Aufsuchungskreis von 6 Zoll Durchmesser, sämmtlich auf silbernem Limbus, der erstere durch 4 Verniers von 4 zu 4 Secunden, der zweite von 10 zu 10, und der letzte durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung, 2 Oculare und Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 15 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Uebrigens wie das vorhergehende. 1300 fl.

27. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 10 Zoll und einem Höhenkreise von 5 Zoll, beide auf silbernem Limbus, durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat 13 Linien Oeffnung und 11 Zoll Brennweite, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 11 Zoll Brennweite und 11 Linien Oeffnung. Uebrigens wie das vorhergehende. 750 fl.

28. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 7 Zoll und einem Höhenkreise von $4^1/_2$ Zoll, beide auf silbernem Limbus, durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat 11 Linien Oeffnung und 10 Zoll Brennweite, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas. Das achromatische Versicherungsfernrohr hat 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Uebrigens wie die vorhergehenden 525 fl.

29. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 6 Zoll und einem Höhenkreise von 4 Zoll Durchmesser, ersterer mittelst 2, letzterer mittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Hauptfernrohr ist hier nicht gebrochen, sondern steht an der Seite der Axe und dessen Objectiv hat 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Das Objectiv des Versicherungsfernrohres hat gleichfalls 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Uebrigens hat das Instrument dieselbe Construction, wie die vorhergehenden Universalinstrumente. Hierzu ein Stativ, welches bei geeigneten festen Plätzen auch umgekehrt werden kann.

Auf Verlangen können an allen hier angeführten Universalinstrumenten und nachgenden Theodoliten statt der Verniers Mikrometer-Mikroskope zum Ablesen angebracht werden, über deren Preis man sich bei der Bestellung verständigen wird. 41[illegible] fl.

30. Multiplicationstheodolit, astronomischer, mit einem Horizontalkreis, welcher auch als Verticalkreis dient, von 8, einem Aufsuchungskreise von 5 und einem Azimuthkreise von 4 Zoll Durchmesser, sämmtlich auf silbernem Limbus, der erste vermittelst Nonien von 10 zu 10 Secunden, die beiden letzteren durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Instrument hat 3 Fernröhre. Das gebrochene und das zweite Hauptfernrohr haben achromatische Objective von 13 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung, das erste hat 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas, das zweite 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Der Theodolit kann in seiner terrestri[illegible]

Aufstellung als ein Passageninstrument gebraucht werden und hat 2 Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere am Kreise. 850 fl.

31. Multiplicationstheodolit, astronomischer, mit einem Horizontalkreis von 8 und einem Azimuthalkreis von 4 Zoll Durchmesser. Beide Kreise sind auf silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der andere durch einen Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Hauptfernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 12 Linien Oeffnung, 1 astronomisches und 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere am Kreise. 600 fl.

32. Multiplicationstheodolit, terrestrischer. Der Horizontalkreis von 18 Zoll Durchmesser unmittelbar von 2 zu 2 Minuten (30 Theile) getheilt; das Ablesen geschieht vermittelst 4 Mikrometer-Mikroskope, welche einzelne Secunden angeben. Das achromatische, gebrochene Fernrohr hat 24 Linien Oeffnung und 24 Zoll Brennweite, 1 astronomisches Ocular, das Versicherungsfernrohr 20 Linien Oeffnung und 24 Zoll Brennweite. Alle Klemm- u. Mikrometer-Bewegungen sind vom Mittel ausgehend. Die Bewegungen von Kreis und Alhidade wie am Universalinstrument. Der einfache Höhenkreis giebt durch einen Nonius einzelne Minuten. Das Instrument hat eine empfindliche Libelle auf der Hauptaxe ꝛc. 1500 fl.

33. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, statt des gebrochenen Fernrohres mit einem geraden gleicher Größe 1400 fl.

34. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreis von 14 und einem Höhenkreis von 6 Zoll Durchmesser, ersterer durch 4 Verniers von 2 zu 2 Secunden, letzterer durch einen Nonius zu 1 Minute. Das Versicherungsfernrohr von 15 Linien Oeffnung und 16 Zoll Brennweite, das Hauptfernrohr von 21 Linien Oeffnung und 18 Zoll Brennweite. 1000 fl.

35. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 12 und einem Höhenkreise von 6 Zoll Durchmesser, beide auf silbernem Limbus; der erste vermittelst 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden, der letzte durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 16 Zoll Brennweite und 18 Linien Oeffnung, 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 16 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. Der Theodolit ist zugleich als Passageninstrument brauchbar. 800 fl.

36 Multiplicationstheodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, aber ohne Versicherungsfernrohr 733 fl.

37 Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 12 und einem Höhenkreise von 6 Zoll Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste vermittelst 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden, der letzte vermittelst 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt, und 2 Fernröhren, deren achromatische Objective 16 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung haben. Jedes Fernrohr hat 1 astronomisches Ocular, das Hauptfernrohr 1 Sonnenglas. Hierbei 1 Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. 750 fl.

38. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, ohne Versicherungsfernrohr 690 fl.

39. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 8 und einem Höhenkreise von 5″, 5 Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste mittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der letzte durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das gebrochene und das Versicherungsfernrohr haben achromatische Objective und 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Jedes Fernrohr hat 1 astronomisches Ocular und das Hauptfernrohr 1 Sonnenglas. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. Der Theodolit ist zugleich als Passageninstrument brauchbar. 533 fl.

40. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, ohne Versicherungsfernrohr 480 fl.

41 Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 8 und einem Höhenkreise von 5″, 5 Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste vermittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der letzte vermittelst eines Nonius von Minute zu Minute getheilt, und 2 Fernröhren, deren achromatische Objective 13 Zoll Brennweite und

13 Linien Oeffnung haben. Jedes Fernrohr hat 1 aſtronomiſches Ocular und das Hauptfernrohr 1 Sonnenglas. Hierbei eine Libelle zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe 450 fl.

42. Multiplicationstheodolit, terreſtriſcher, wie der vorhergehende, ohne Verſicherungsfernrohr 400 fl.

43. Multiplicationstheodolit, terreſtriſcher, mit einem Horizontalkreiſe von 7 und einem Höhenkreiſe von 5 Zoll Durchmeſſer, beide auf ſilbernem Limbus, der erſte durch 4, der letzte durch 2 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat 1 achromatiſches Objectiv von 11'', 5 Brennweite und 13 Linien Oeffnung, 2 aſtronomiſche Oculare und 1 Sonnenglas. Das Verſicherungsfernrohr hat 1 achromatiſches Objectiv von 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Das Inſtrument, zugleich brauchbar als Paſſageninſtrument, hat eine Libelle zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe und ein Stativ, welches bei geeigneten feſten Plätzen auch entbehrt werden kann. 450 fl.

44. Multiplicationstheodolit, terreſtriſcher, wie der vorhergehende, jedoch ſtatt des gebrochenen Fernrohrs ein gerades mit 1 achromatiſchem Objectiv von 13 Linien Oeffnung, 13 Zoll Brennweite und 1 aſtronomiſchem Ocular nebſt Sonnenglas 400 fl.

45. Theodolit, terreſtriſcher, mit einem Horizontalkreiſe von 6 und einem Höhenkreiſe von 4'', 5 Durchmeſſer, beide auf ſilbernem Limbus, der erſte durch 2, der andere durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt, und 2 Fernröhren, deren achromatiſche Objective 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung haben. Das Inſtrument hat eine Libelle für die Horizontalaxe und ein Stativ, welches bei feſten Plätzen entbehrt werden kann. 250 fl.

46. Theodolit, terreſtriſcher, wie der vorhergehende, ohne Verſicherungsrohr 225 fl.

47. Multiplicationstheodolit, terreſtriſcher, mit einem Horizontalkreiſe von 6 und einem Höhenkreiſe von 4'' 5''' Durchmeſſer, beide auf ſilbernem Limbus, der erſte durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der letzte mittelſt 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 10 Zoll Brennweite und 1 Linien Oeffnung, 1 aſtronomiſches Ocular und 1 Sonnenglas. Das Inſtrument, zugleich als Nivellirinſtrument brauchbar, hat 2 Libellen, eine zum Aufſtecken auf die Horizontalaxe, die andere auf das Fernrohr und ein Stativ. 300 fl.

Den vorhergehenden Theodoliten auch zu Beobachtungen optiſcher Experimente, als Brechung, Farbenzerſtreuung ꝛc. einzurichten koſtet 80 fl. mehr.

48. Zwei Heliotrope zu Lichtſignalen, zum Behuf geodätiſcher Meſſungen 450 fl.

Alle Fernröhre der Inſtrumente von Nr. 1—44 ſind nach dem Objective und Ocular zu verjüngt, wodurch die beſondere Balancirung an denſelben unnöthig wird. Auch bekommen alle gebrochenen Fernröhre um der größeren Steifigkeit der Röhren willen eine conſche Form. Alle Verſicherungsfernröhre ſind an den Büchſen der Kreiſe angebracht und haben eine zarte Horizontal- und eine ſanfte Verticalbewegung. Die feine Horizontalbewegung derſelben wird durch eine Schraube in ihrem Ocularkopfe erſetzt.

49. Taſchenheliotrop mit einem parallaktiſch aufgeſtellten Planſpiegel 55 fl.

50. Helioſtat, tragbares, mit Uhr und zwei Spiegeln. Die Aufſtellung wie bei Theodolit. 200 fl.

51. Nivellirinſtrument, mit einem Horizontalkreiſe von 6 Zoll Durchmeſſer und einem Höhengradbogen von 3'' Halbmeſſer, beide auf ſilbernem Limbus, der erſte durch 2 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der andere vermittelſt eines Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 18 Zoll Brennweite, 17 Linien Oeffnung und 1 aſtronomiſches Ocular. Das Inſtrument hat eine Libelle zum Aufſetzen auf das Fernrohr, kann zugleich als Diſtanzenmeſſer gebraucht werden und ruht auf einem Stative, deſſen Obertheil von Meſſing, die Füße aber von Holz ſind. 325

52. Nivellirinſtrument, wie das vorhergehende, ohne Horizontalkreis 250

53. Nivellirinſtrument, mit einem Horizontalkreis von 5 Zoll Durchmeſſer und einem Höhengradbogen von 2'' 3''' Halbmeſſer, der erſte durch 2 Nonien, der andere vermittelſt eines Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatiſches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung und 1 aſtronomiſches Ocular. Das Inſtrument hat eine Libelle zum Aufſetzen auf das Fernrohr, kann zugleich als Diſtanzenmeſſer gebraucht werden und ruht auf einem Stativ, deſſen Obertheil von Meſſing, die Füße aber von Holz ſind. 250

54. Nivellirinſtrument, wie das vorhergehende, jedoch ohne Horizontalkreis 160

55. Nivellirinſtrument, mit einem Horizontalkreiſe von 5 Zoll Durchmeſſer, auf ſilbernem Limbus, vermittelſt 2 Nonien von Minute zu Minute getheilt; das Fernrohr

ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung und 1 astronomisches Ocular. Das Instrument hat eine Libelle auf dem Fernrohr und ein Stativ, dessen Obertheil von Messing, die Füße aber von Holz sind. 200 fl.

56. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, ohne Horizontalkreis 142 fl.

57. Nivellirinstrument, kleines, ohne Horizontalkreis, aber mit einem Höhengradbogen; das Fernrohr hat 1 achromatisches Objectiv von 10 Linien Oeffnung, 10 Zoll Brennweite und 1 astronomisches Ocular.

Das Instrument hat eine Mikrometer-Bewegung, sowohl in horizontaler als in verticaler Richtung, und ein Stativ. 130 fl.

58. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, jedoch ohne Höhengradbogen 120 fl.

59. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, aber ohne horizontale Mikrometerbewegung 112 fl.

60. Nivellirinstrument, einfaches, ohne Fernrohr mit Dioptern, 13 Zoll von einander abstehend, wovon das eine mit dem Fadenkreuz vermittelst eines Triebes an einer getheilten Scale sich verstellen läßt, wodurch man die Steigungen und Gefälle sogleich nach Procenten erhält. In der Mitte befindet sich eine Wasserwage. Das Instrument läßt sich im Kreise nach allen Richtungen verdrehen, außerordentlich schnell horizontal stellen und hat ein festes, dabei leichtes Stativ aus 3 Füßen. 55 fl.

61. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, aber noch kleiner, mit feststehendem Diopter und einem Stativ aus 3 Füßen 30 fl.

Zu diesen hier genannten Nivellirinstrumenten gehören die sub Nr. 145 und 146 aufgeführten Nivellirlatten, und zwar zu den Instrumenten Nr. 52 bis 56 die Latte Nr. 146, welche auf der andern Seite zum Distanzenmesser eingerichtet ist, und zu den Instrumenten Nr. 56 — 60 die Latte Nr. 145. Die Nivellirinstrumente und ihre Latten sind der größeren Genauigkeit und Zeitersparniß halber dahin eingerichtet, daß man das Nivellement stets durch das Fernrohr auf der Latte selbst abliest und dies Letztere nicht durch den Gehülfen sichtet.

62. Prismenkreis (Steinheil- und Ertel'scher), neu construirt nach der von Seitel in den astronomischen Nachrichten Nr. 254 und 255 gegebenen Theorie des ältern Instrumentes. Durch rechtwinklige Glasprismen sind beide Bilder doppelt reflectirt. Das Instrument gestattet alle Winkel bis zu 185 Grad zu messen, während man immer direct nach dem einen Gegenstande visirt, was bei dem frühern Prismenkreise nicht möglich war. Durch zwei zusammengehörige Einstellungen, zwischen welchen die Theilung des Kreises ihre Pole im Raume wechselt, d. i. um 180 Grad umgelegt wird, eliminirt sich der Einfluß der Winkelungleichheit beider Prismen, sowie der der Objectivsonnengläser und die Collimation in aller Schärfe. Der silberne Limbus von 5 Zoll Durchmesser ist durch 2 diametrale Nonien (mit Doppellupen) von 10 zu 10 Secunden getheilt. Alle Hemmungen sind in das Centrum der Aren verlegt. Das achromatische Fernrohr von 8 Zoll Brennweite hat 10 Linien Oeffnung und vergrößert 15 mal. Zur Bequemlichkeit beim Beobachten aus freier Hand ist ein kleineres Fernrohr von 5 Zoll Brennweite, 7 Linien Oeffnung und 5maliger Vergrößerung noch beigegeben. Das Mahagonikästchen zur Verpackung des Instrumentes dient demselben als Stativ und zugleich zur Rectification, indem 2 kleine Fernröhre so anzubringen sind, daß zwischen ihnen alle Elemente des Instrumentes untersucht und verbessert werden können. Dieser Hülfsapparat ist in demselben Kästchen verpackt. Des letztern Dimensionen sind 7, 4, 6, 2 und 5 Zoll. 525 fl.

63. Spiegelkreis. Der silberne Limbus des Kreises von 6 Zoll Durchmesser ist vermittelst zweier diametralen Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 5 Zoll Brennweite und 7 Linien Oeffnung, 1 astronomisches Ocular und 2 Sonnengläser. Der große Spiegel im Centrum ist auf seiner Alhidade senkrecht drehbar. Die Sonnengläser sind zum Umstecken eingerichtet. 180 fl.

64. Spiegelkreis, wie der vorhergehende; der Spiegel im Centrum ist aber auf seiner Alhidade unbeweglich 140 fl.

65. Stativ zu einem der zwei vorhergehenden Instrumente, mit allen Bewegungen und einem Azimuthalkreise versehen 45 fl.

66. Spiegelsextant von 6 Zoll Halbmesser, vermittelst eines Nonius 10 Secunden angebend und mit einem Fernrohr von 7 Linien Oeffnung, 5 Zoll Brennweite und astronomischem Ocular. Jedes der beiden Bilder hat 3 Sonnengläser verschiedener Helligkeit; diese, sowie beide Spiegel sind plan-parallel. 180 fl.

67. Spiegelsextant, ohne Fernrohr (Hartmann- und-Ertel'scher), zur Messun aller Winkel bis zu 180 Grade, und zur Absteckung von Curven auf dem Felde 30

68. Astrolabium, mit einem Kreis von 7 Zoll Durchmesser, mittelst zweier diametralen N nien von Minute zu Minute getheilt, mit 4 Dioptern, einer Bussole und einer Libelle a der Alhidade, hierzu ein Stativ mit 3 Füßen 90

69. Astrolabium, wie vorhergehendes, aber statt der Dioptern ein Fernrohr von 9 Lini Oeffnung und 10 Zoll Brennweite, ohne Bussole, hierzu ein Stativ mit 3 Füßen 100

70. Distanzenmesser mit einem Fernrohre, dessen achromatisches Objectiv 18 Z Brennweite und 17 Linien Oeffnung hat, einem Gradbogen, einem Lineale u ohne Latte 140

71. Distanzenmesser mit einem Fernrohr; dessen achromatisches Objectiv hat 17 Lini Oeffnung und 18 Zoll Brennweite; dieses Instrument hat eine Libelle zum Aufsetzen das Fernrohr, um es zugleich zum Nivelliren gebrauchen zu können, zu welchem Zwecke das Fernrohr am Instrument selbst berichtigen läßt. 170

Das Ocular hat die hierzu nöthige Einrichtung.

72. Distanzenmesser, kleiner, mit einem Lineal und Gradbogen, einem Fernr von 13 Linien Oeffnung und 13 Zoll Brennweite und 1 astronomischem Ocular mit ei feststehenden Fadenkreuze und 2 verschiebbaren Fäden. Eine Libelle zum Aufsetzen auf Fernrohr, um es zugleich zu Nivelliren gebrauchen zu können. 118

73. Distanzenmesser, wie vorhergehender, ohne Nivellir-Vorrichtung 110

74. Kippregel mit einem einfachen Fernrohre, Diopter, Gradbogen und Lineal 5

75. Kippregel, wie vorhergehendes, jedoch mit einem achromatischen Fernrohr von Linien Oeffnung und 13 Zoll Brennweite 7

76. Diopterlineal, von 2 Fuß Länge 4

77. Meßtischstativ nach neuester Construction. Das Meßtischblatt läßt sich kreisfö in dem Rande einer metallenen Schale drehen, gegen welche die drei Verticalschrauben Horizontalstellen des Meßtisches drücken. Das Blatt kann leicht geklemmt und gelöst den und hat eine feine Mikrometerbewegung. 3

78. Meßtischstativ, kleines, zum Distanzenmesser Nr. 73 passend, außerdem wie hergehendes 4

79. Meßtischlibelle, in messingener Fassung mit Correctionsschraube 5

80. Libelle, 6 Zoll lang in Messing gefaßt, auf einer messingenen Platte befestigt Correctionsschraube

81. Libelle, wie vorhergehende, aber 10 Zoll lang 1

82. Transporteur, kreisförmiger, von Messing und 7 Zoll Durchmesser, vermi 1 Nonius auf silbernem Limbus in Minuten getheilt und mit einer Mikrometerschr versehen 3

83. Transporteur, kreisförmiger, wie der vorhergehende, ohne Mikrometerschraube auf Messing getheilt 4

84. Transporteur, halbkreisförmiger, von Messing und 6 Zoll Durchmesser, in Grade getheilt

85. Transporteur, halbkreisförmiger, von Messing, 5 Zoll Durchmesser und in Grade getheilt

86. Transporteur, halbkreisförmiger, von Messing, 4 Zoll Durchmesser und in Grade getheilt

87. Goniometer. Das Instrument hat einen Gradbogen von $3^1/_2$ Zoll Halbmesser, cher vermittelst des verstellbaren Verniers 5 Minuten angiebt; der Gradbogen läßt sich jede beliebige Lage bringen und darin feststellen, hat 2 Dioptern, welche in Tangenten getheilt sind, und eine Libelle, um den Gradbogen und mit diesem die Dioptern horiz zu stellen, außerdem ein Senkel zum Verticalstellen des Gradbogens und ein Stativ 3 Füßen 6

88. Bussole mit beweglichem Diopter, die Nadel 4 Zoll Länge. Die Bussole läßt sich Kreise verdrehen und horizontal stellen durch 4 auf den Verticalzapfen diametral drück Schrauben. Das Diopter gestattet eine freie Bewegung in verticaler Richtung. H ein Stativ aus 3 Füßen 4

89. Bussole mit einer Nadel von 4 Zoll Länge und Diopter 2

90. Bussole, wie die vorhergehende, ohne Diopter 1

91. Taschenbussole, mit einer Nadel von 2 Zoll Länge

92. Bussole in länglicher Form, mit messing. Platte und hölzernem Gehäuse 8 fl.
93. Winkelspiegel, großer, mit geschliffenen Spiegeln und allen nöthigen Correctionen versehen; in dem Halter desselben befindet sich ein Schraubenzieher 9 fl.
94. Winkelspiegel mit feinen Spiegeln; in dem Halter desselben befindet sich ein Schraubenzieher zur Correction der Spiegel $4^1/_2$ fl.
95. Winkelspiegel mit gewöhnlichen Spiegeln $3^1/_2$ fl.
96. Winkelspiegel mit Rohr 8 fl.
97. Libellen, ohne Fassung mit Naphtha oder Weingeist gefüllt, nach Maßgabe ihrer Dimensionen 4 — 40 fl.
98. Libellen, ordinär, mit Weingeist gefüllt von 6 fl. bis zu $^2/_5$ fl.
99. Maßstab, von der Länge eines Fußes, enthält achterlei Maße mit Transversalen 40 fl.
100. Maßstab, wie vorhergehender, jedoch nur mit viererlei Maße 30 fl.
101. Maßstab, von der Länge eines Fußes, in 2500 und 5000 Theile getheilt, an 4 Enden transversal 11 fl.
102. Maßstab, wie der vorhergehende, an 2 Enden transversal 10 fl
103. Maßstab, von der Länge eines bayerischen, rheinländischen, englischen oder Pariser Fußes, in 1440 oder 1000 Theile getheilt 6 fl.
104. Maßstab, wie der vorhergehende, auf beiden Seiten getheilt, an 4 Enden transversal $8^1/_2$ fl.
105. Maßstab, wie der vorhergehende, an 2 Enden transversal 7 fl.
106. Maßstab, von der Länge eines halben, in 2500 und 5000 Theile getheilten Fußes, an 4 Enden transversal $5^1/_2$ fl.
107. Maßstab, wie der vorhergehende, an 2 Enden transversal $4^1/_2$ fl.
108. Maßstab, prismatischer, von Messing, auf 2 Seiten in 1000 oder 1200 Theile durchaus fein getheilt, 1 Fuß lang 8 fl.
109. Maßstab, wie der vorhergehende, $^1/_2$ Fuß lang 5 fl.
110. Maßstab, wie vorhergehender, doch nur 1 Zoll auf jeder Seite fein getheilt 4 fl.
111. Maßstab, wie Nr. 100, doch nur 1 Zoll auf jeder Seite fein getheilt 7 fl.
112. Maßstab, prismatischer, aus feinem Holz, auf 2 Seiten durchaus fein getheilt, 1000 oder 1200, 1 Fuß lang 3 fl.
113. Maßstab, wie vorhergehender, jedoch nur der erste Zoll auf jeder Seite fein getheilt $2^1/_5$ fl.
114. Maßstab, wie Nr. 113, jedoch nur 7 Zoll lang $2^1/_{10}$ fl.
115. Maßstab, wie vorhergehender, jedoch nur der erste Zoll auf jeder Seite fein getheilt $1^1/_5$ fl.
116. Stangencirkel, die Stange von 3 Fuß Länge besteht aus einem messingenen Rohre, welches eingetheilt und mit einem Nonius versehen ist; eine Spitze ist zum Verschieben und hat eine feine Mikrometerbewegung 55 fl.
117. Stangencirkel, mit hölzerner Stange von 3 — 4 Fuß Länge, mit sanfter Bewegung und Mikrometerschraube 16 fl.
118. Stangencirkel, etwas schwächer, von 2 — 3 Fuß Länge, übrigens wie der vorhergehende 15 fl.
119. Stangencirkel, wie der vorhergehende, mit stählerner Stange 20 fl.
120. Stangencirkel, von 18 Zoll Länge, die Stange besteht aus einem messingenen Rohre zum Zusammenschrauben, hat Reißfeder, Bleirohr und Nadeleinsatz und eine sanfte Einstellung 13 fl.

121.	Lineal	von	Stahl,	mit	2	messingenen	Köpfen,	60	Zoll	lang 30 fl.
122.	"	"	"	"	2	"	"	57	"	" 28 fl.
123.	"	"	"	"	2	"	"	54	"	" 26 fl.
124.	"	"	"	"	2	"	"	51	"	" 24 fl.
125.	"	"	"	"	2	"	"	49	"	" 22 fl.
126.	"	"	"	"	2	"	"	45	"	" 20 fl.
127.	"	"	"	"	2	"	"	42	"	" 18 fl.
128.	"	"	"	"	2	"	"	39	"	" 16 fl.
129.	"	"	"	"	2	"	"	36	"	" 14 fl.
130.	"	"	"	"	2	"	"	33	"	" 12 fl.
131.	"	"	"	"	2	"	"	30	"	" 10 fl.
132.	"	"	"	"	2	"	"	27	"	" 8 fl.
133.	"	"	"	"	2	"	"	24	"	" 6 fl.

134. Winkel von Stahl, nach Maßgabe ihrer Dimensionen, von 3 fl. bis 25
135. Heberbarometer, zum Reisen eingerichtet, mit stählernem Wechsel und eine Thermometer 80
136. Thermometer nach Fahrenheit, Reaumur oder Celsius 7
137. Copirmaschine mit eiserner Säule und eisernem Gerippe 290
138. Copirmaschine mit hölzerner Säule und eisernem Gerippe 170
139. Pantograph, neuester Construction, von Messing 150
140. Pantograph, einfacher mit hölzernen Schienen 20
141. Meßkette, 50 Fuß lang 8½
142. Meßkette, 100 Fuß lang 16
143. Senkel 3
144. Eine Nivellirlatte aus 3 Theilen bestehend, 15 bayerische Fuß hoch, nach je beliebigen Maß eingetheilt 22
145. Eine Nivellirlatte, wie die vorhergehende, jedoch noch die zweite Seite Distanzenmessen eingetheilt 2
146. Eine Nivellirlatte zu Kanalwagen, zum Verschieben 1
147. Meßlatte, kleine, aus 3 Theilen zum Zusammenlegen, eine Seite zum Distan messen, die andere zum Nivelliren eingetheilt, zum Instrument Nr. 73 gehörig 1
148. Meßlatte, zu 1000' oder 2000' zum Distanzenmesser gehörig 1
149. Meßtischblatt von Lindenholz
150. Stromgeschwindigkeitsmesser nach Reichenbach 5
151. Woltmann'scher Flügel, von 10 Zoll Durchmesser 7
152. Schmalkalders Höhenmesser 3
153. Kanalwage aus Messing ohne Diopter mit Stativ 5
154. " " " 1
155. Reißzeug von Messing und Neusilber von 8 fl. bis 10

Instrumente vom Universitätsmechanikus Poller in Leipzig.

A. Instrumente, deren man sich zum Zeichnen und Auftragen bedien

Ein Transversalmaßstab, worauf 6 oder 7 Dresd. Zoll und durch die Transver 1 Zoll in 100 oder 120 Theile getheilt ⅔
Derselbe, 6 Dresd. oder Leipziger, Decimal- und Duodecimal-Zoll enthaltend ⅚
Ein Geodätenmaßstab, auf einer Seite getheilt, wo ein Dresdner Zoll = 1 then ist, 1
Ein sächsischer Ruthenmaßstab, 20er oder 30er, d. h. ein Ruthendecimalzoll ist oder 30 Theile, Ruthen, getheilt, 1½
Derselbe mit preußischem Maß 1½
Derselbe länger, auf einer Seite 20er, auf der andern Seite 25er oder 30er ge 3
Der letztere von Neusilber 3½
Ein sächsischer Ruthenmaßstab, wo die Theilung auf einer versilberten Abschri getheilt ist, um damit zu revidiren, entweder 20er, 25er, 30er ꝛc.; d. h. 20 oder 25 R gehen auf einen Ruthenzoll, 200, 250, 300 ꝛc. auf einen Ruthenfuß. (Es ist weni 1 Ruthenfuß auf dem Maßstabe.) Die Zahlen sind so aufgetragen, daß man von nach links und von links nach rechts ablesen kann. 10
Derselbe mit preußischem oder jedem andern Maße 10
Ein Transporteur, 6" im Durchmesser, in ganze Grade getheilt ⅔
Derselbe in halbe Grade getheilt 1⅓
Ein Transporteur, 9" im Durchmesser, nach Belieben in 1/6, 1/4, 1/2, 1/2 (getheilt 5
Derselbe, in 1/4 Grade getheilt, mit einem 3" breiten und 9" langen Lineale, auf welchem 4 und an dessen beiden Enden Abschrägungen getheilt sind, um mit den letzteren Par nien zu zeichnen und zu messen. 15
Ein Transporteur, 12" im Durchmesser, nach Belieben in 1/6, 1/4, 1/2, 1/2 (getheilt, mit Alhidade und Nonius, welcher einzelne Minuten angiebt, und einer V tung an der Alhidade, um den gemessenen Winkel genau auf Papier abstechen zu kö mit Etui 21

Ein Transporteur, aus einem Vollkreis bestehend, 9 Zoll im Durchmesser, in 1/4 Grade getheilt 15 Thlr.
Ein Stangencirkel, von Holz, 3—4′ lang, mit nicht sichtbarer Mikrometerschraube, Einsatzbleihülse und Reißfeder, zwei Stahlspitzen und einer Nadelspitze, einem Messer, um Kreise auszuschneiden, nebst Schlüssel 6 Thlr.
Derselbe, von 3—4′ Länge, aber in allen andern Theilen größer und stärker 6 1/2 "
Derselbe, von Messing und 16″ Länge 5 "
Ein Storchschnabel von Holz, 2′ lang 4 1/2 "
Derselbe von Messing 12 "
Stückcirkel *) von 3—7″ Länge 1 1/4—1 1/2 "
Handcirkel 2/3—5/6 "
Handreißfedern 1/3—2/3 "
Halbirungscirkel 2 1/3 "
Dreischenkliger Cirkel 2 1/3 "
Reißfedercirkel neuester Construction, mit Bleihülse und Reißfeder, um kleine Kreise von 1/6‴—3″ im Durchmesser zu ziehen, ohne den Mittelpunkt auf dem Papier zu bemerken 3 Thlr.
Derselbe in Etui 3 1/3 "
Federcirkel mit Einsatz, 4″ lang 3 "
Proportionalcirkel, getheilt in 200 Theile, von denen 32 gleich sind einem englischen Zoll 6 Thlr.
Derselbe um 1/3 länger, getheilt in 300 Theile 8 "
Eiserne Lineale, lackirt 1 1/2′—3′ lang, 1 1/4—2″ breit 1—3 "
Eiserne Winkel, lackirt 2—3 "
Nähebezeuge, nach der Größe verschieden 4—12 "

B. Bussolen-Apparate.

Eine kleine Bussole, der Ring in 1/2 oder 1/3 Grade getheilt, die Magnetnadel 4 1/4″ lang, das Hütchen von Achat. Dieselbe hat Charnierdioptern zum Rück- und Vorwärtsklappen, und die Dioptern sind 12 1/2″ von einander entfernt. Mit verschiedenen Stativaufsätzen (Nuß, Kopf) und Stativ 30—35 Thlr.
Eine Bussole, der Limbus in 1/4 Grade getheilt, die Magnetnadel 5 1/2 Zoll lang, das Hütchen von Achat. Dieselbe hat Charnierdioptern wie die erstere, deren Entfernung von einander aber 17″ beträgt. Dazu eine Nuß nach eigener Erfindung mit allen nothwendigen Vorrichtungen. Mit Stativ 50 Thlr.
Dieselbe mit 4 Charnierdioptern und dadurch bedingter Vergrößerung 68 "
Dieselbe mit einer Dosennivelle; Mehrbetrag 3 "
Eine Bussole derselben Art, aber ohne Dioptern, sondern mit Visirrohr und Dosennivelle 56 Thlr.
Dieselbe mit einem Fernrohr an der Stelle des Visirrohrs 65 "
Eine Bussole derselben Art, versehen mit einem Höhenmesser nebst Nonius, und einem Fernrohr, auf welchem sich eine Cylindernivelle befindet. Mit dieser Vorrichtung können die Winkel auch einzelnen Minuten bestimmt werden, und es dient diese Bussole auch als Nivellirinstrument. Da der obere Theil der Bussole abgenommen werden kann, so ist mittelst einer aufschraubenden Planchette der untere Theil mit dem Stativ als Meßtisch zu gebrauchen 98 Thlr.
Dieselbe ohne Planchette 95 "
Eine Bussole, der Limbus in 1/4 Grade getheilt, die Magnetnadel 5 1/2″ lang, das Hütchen von Achat. Die Nuß ist mit Schraube ohne Ende und feiner Horizontalbewegung durch 3 Schrauben. Die Entfernung der Charnierdioptern von einander beträgt 18″. Mit Stativ 50 Thlr.
Eine Bussole, mit Fernrohr über der Bussole, zum Umschlagen eingerichtet. Die Nuß hat eine Schraube ohne Ende und feine Horizontalbewegung. Limbus, Nadel und Hütchen wie bei der vorhergehenden. Mit Stativ 40 Thlr.

*) Zu einem Stückcirkel gehört jedesmal Einsatzbleihülse und Einsatzreißfeder.

Bussolen auf dem Meßtisch zu gebrauchen.

Eine Bussole mit Stunden- oder Gradtheilung, die Nadel $2^1/_2$'' lang, das Hütchen v
Achat $6^1/_2$ Th
Dieselbe größer, der Limbus in $^1/_2$ Grade getheilt, die Magnetnadel 3'' lang, d
Hütchen von Achat 10 Th
Eine Bussole, länglich viereckig, die Magnetnadel $5^1/_2$'' lang 7 ;
Taschen-Bussolen in Uhrenform $1^1/_3$—8 ;

C. Meßtischapparate.

Ein Meßtisch, die Nuß mit Rad ohne Ende und einer 2' im Quadrat haltenden Pl
chette. Mit Stativ 34 Th
Ein Meßtisch neuester Construction; die Nuß mit Mikrometerschraube und feiner, durc
Schrauben bewirkter Horizontalstellung. Mit Stativ und einer Planchette. 34 Th
Ein Meßtisch mit einfacher Kugelnuß und Stativ $20^1/_2$;
Die Kugelnuß allein 10 ;
Ein Münchner Meßtisch, mit Schraube ohne Ende 48 ;

Bemerkung. Vorstehende Instrumente sind zu Bussolen und Nivellirinstrume
als Kopf (Nuß) anzuwenden.

Ein Diopterlineal von 20'' Länge mit Charnierdiopter zum Rück- und Vorwä
visiren 15 Th
Dasselbe mit feststehenden, aber abzuschraubenden Dioptern 12 Th
Dasselbe mit Tangententheilung 18 ;
Ein Diopterlineal (Kippregel) mit Aufsatz und Fernrohr zum Umschlagen, od
matisch 25 Th
Dasselbe mit Fernrohr zum Umschlagen und Halbkreis. Das Fernrohr ist 18'' lang,
Ocular feststehend, das Objectivglas durch Zahn und Trieb beweglich. 32 Th

D. Nivellir-Instrumente.

Dosennivelle von 2'' Durchmesser mit Bedeckung $3^1/_2$ Th
Cylindernivelle mit Mikrometerschraube, auf einem eisernen Lineal 6 ;
Ein Quecksilberniveau von $2^1/_2$' Länge, mit auf Elfenbeinwürfeln befestigten D
tern. Es gehören dazu noch 2 Schraubzwingen zum Verschließen der Oeffnungen des
nals und ein messingener Hahn zum Ausgießen des Quecksilbers 10 Th
Dasselbe mit Hülsennuß, welche Horizontal- und Verticalbewegung erlaubt, und S
20 Th
Dasselbe ohne Stativ 15 ;
Dasselbe Quecksilberniveau mit Kugelnuß, Horizontal- und Verticalbewegung, Stativ
Schraubzwingen 28 Th
Ein Stativ rund zum Zusammenlegen 5 ;
Ein Stativ der neuesten Construction 7 ;
Ein kleines Nivellirinstrument mit Dioptern zum Rück- und Vorwärtsvisiren;
fernung der Dioptern 15 Zoll. 25 Th
Ein Nivellirinstrument, das Fernrohr ohne den Auszug 18'' lang, mit feststeh
Ocular, das Objectivglas durch Zahn und Trieb beweglich. Das Fernrohr ist
Umlegen in seinen Lagern eingerichtet und es befindet sich auf demselben eine lange
velle mit Theilung, unter demselben eine Dosennivelle. Die Nuß ist auf die p
mäßigste Weise gebaut, und wenn man den obern Theil mit dem Fernrohr abnimm
kann man eine Planchette aufschrauben und es als Meßtisch gebrauchen. Mit S
100 Th
Ein Nivellirinstrument, das Fernrohr 18'' lang ohne den Auszug, in seinen La
zum Umlegen eingerichtet. Das Ocular ist feststehend, das Objectivglas durch
und Trieb beweglich. Auf dem Fernrohr befindet sich eine Cylindernivelle. Die
ist mit Schraube ohne Ende und zweifacher Horizontalstellung. Mit Stativ
60 Th
Eine Nivellirlatte, je nach der Eintheilung 8—10 ;
Dieselbe mit verschiebbarem Tableau 12 ;

C. Moritz Meyer, Mechaniker und Inspector am physikalischen Institute in Leipzig, hat endlich folgende ausgezeichnete Instrumente geliefert:

1. Das transportable Magnetometer besteht bis auf die Magnetnadel und die Ablenkungsstäbe aus reinem Kupfer, um alle magnetischen Einflüsse am Apparate selbst zu vermeiden. — Es ist ein kupferner Rahmen, 7mm dick, 75mm breit und 165mm lang; wirkt als starker Dämpfer für die Oscillationen der Nadel, welche an Coconfäden in einer kupfernen getheilten Schiebröhre mit Torsionskreis versehen herabhängt. Die Magnetnadel ist an beiden Enden mit Planparallelspiegeln versehn. Verschlossen wird dieser kupferne Rahmen durch zwei kupferne Seitenplatten, ebenfalls von 7mm Stärke. Die schmalen Seiten des Rahmens sind durchbrochen, mit mit Planparallelgläsern versehn, so daß alle störenden Einflüsse von Luftzug auf die Schwingungen der Nadel ausgeschlossen bleiben. Ein massiver Mahagonidreifuß trägt dieses Instrument und läßt es nach dem Fernrohr, mit welchem die Beobachtungen nach der Gauß'schen Methode vorgenommen werden, einstellen. — Zu diesem Instrumente gehört noch ein Hülfsapparat, als: eine Torsionsnadel; zwei magnetische Ablenkungsstäbe, zu deren Stellung gegen die schwingende Nadel zwei kupferne Schienen an dem kupfernen Rahmen angesetzt werden; ferner ein hölzernes Kästchen, ebenfalls versehn mit einer kupfernen getheilten Schiebröhre nebst Torsionskreise, in welcher Coconfäden herabhängen, um die Schwingungsdauer zu ermitteln, wozu auch ein kupferner Belastungsring gebraucht wird. Dieses Kästchen kann auf jenen Dreifuß gesetzt werden, und die Beobachtung mit demselben Fernrohre bewerkstelligt werden, da die betreffenden Theile gleichfalls mit planparallelen Spiegeln und Gläsern versehn sind. — Mit diesem Instrumente wird die Intensität des Erdmagnetismus an den verschiedenen Punkten der Erde untersucht und bestimmt, auch kann es zu geognostischen Forschungen benutzt werden. Der Preis ist 120 Thlr. Exemplare befinden sich in Prag, Krakau, Freiberg, Leipzig, Göttingen.

2. Das kleine transportable Elektrodynamometer ist ausführlich in Poggend. Annalen Bd. LXIII S. 197 *) vom Verfertiger beschrieben und mit Zeichnungen erläutert. Es ist ein sehr empfindliches Instrument und zu sehr feinen Untersuchungen statt der Sinusbussole empfohlen. Der Preis ist 70 Thlr. und es sind beim Verfertiger immer einige vorräthig. — Utrecht, Upsala, Berlin, Halle, Leipzig haben derartige Instrumente.

3. Das Galvanometer wird ebenfalls ausführlich beschrieben und mit Zeichnungen erläutert werden in den Berichten der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig von Prof. Wilh. Weber **). — Petersburg und Leipzig besitzen dieses Instrument. Preis 120 Thlr. —

Mit demselben sind die Copien nach dem von Herrn Professor Jacobi in Petersburg eingesandten Einheitsmaße für den Widerstand des Galvanismus in verschiedenen Drähten bestimmt und auf das Jacobi'sche Einheitsmaß reducirt. Diese Einheitsmaße sind beim Verfertiger stets vorräthig und das Exemplar kostet 5 Thlr.

4. Der neue Rheostat besteht aus einem hohlen Serpentinsteincylinder von 2 Par. Zoll Durchmesser, welcher mit flachen Schraubengängen versehn und gefirnißt ist, und nach Angabe mit verschiedenem Drathe umwunden wird. Die Theilung des Cylinders ist in ganze Grade am Index. Zwei messingene Federn drücken ein Röllchen, welches sich auf einem cylindrischen Stab um sich selbst drehen und auf dem Stabe schieben läßt und mit einer Nuth versehn ist, an den aufgewundenen Draht. Mittelst einer isolirten Kurbel dreht man den Serpentincylinder, wobei jenes Röllchen den Windungen des Drahtes folgt und mithin jedes beliebig lange Stück des Drahtes in die galvanische Kette bringt. Die metallnen Zapfen der Serpentinrolle liegen in Lagern, welche im Durchschnitte ein Dreieck bilden, und eine gelinde messingene Feder drückt die Zapfen an die Lager, so daß eine stetige Verbindung und metallische Berührung unterhalten wird. Eine große Serpentinplatte dient dem Instrumente als Postament, wodurch einestheils alle metallne Leitungsstücke isolirt sind, anderntheils die Stabilität gewährleistet ist. Der Preis ist 25 Thlr. (Naturhist. Museum zu Münster.)

---

*) Vergl. den Art. Elektrodynamometer.
**) Vergl. den Art. Galvanometer.

Abbildungen und Beschreibungen physikalischer Instrumente finden sich in allen Hand- und Lehrbüchern der Physik und in den lexikalischen Bearbeitungen dieser Wissenschaft (s. d. Art. Physik). Von hierhergehörigen Einzelwerken führe ich an: Hauch, det physiske Cabinet eller Beskrivelse over de til Exper.-Physiken henhörende vigtigste Instrumenter, tillegemed Brugen deraf. Kjöbenhavn 1836. — Figurentafeln zur Physik nebst ausführlicher Erklärung. Von G. Lautenschläger. Sechs Hefte. Darmstadt 1843. — Franke, drei Wandkarten zum Gebrauch beim Unterricht in der Physik. Schweidnitz, 1842.

Aräometer *), Hydrometer **), Gravimeter ***), Volumeter ****), Senkwage oder richtiger Schwimmwage (lat. Araeometrum, Hydrobaroscopium *****), Baryllion ******); franz. Aréomètre, Pèse-liqueur †) engl. Hydrometer ††) ist ein Instrument, dessen man sich bedient, um die Dichte oder das specifische Gewicht einer tropfbaren Flüssigkeit zu bestimmen. Auch kann man mit Hülfe gewisser Aräometer das specifische Gewicht fester Körper bestimmen. Wenn man eine Flüssigkeit mit einer anderen vermischt, so wird sogleich ihr specifisches Gewicht ein anderes, demgemäß bedient man sich der Aräometer auch, um die Reinheit und Güte gewisser Flüssigkeiten zu erproben, um zu erkennen, welche Beimischungen anderer Flüssigkeiten sie enthalten. Man giebt diesen Instrumenten auch noch besondere Namen je nach den Flüssigkeiten, für welche sie besonders bestimmt sind: Solwage, Salzspindel, Solspindel, Alkoholometer, Branntweinwage, Galaktometer †††), Laugenwage, Laugenprobe, Saccharometer ††††).

Das Princip aller Aräometer ist, daß ein fester Körper, welcher in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, in dieser desto tiefer einsinkt, je dünner sie ist. Man mußte hierauf sehr bald aufmerksam werden; und da man ebenfalls sehr bald bemerken mußte, daß die Güte gewisser Flüssigkeiten von ihrer Dichtigkeit abhängig so lag die Erfindung der Aräometer, dieses für das Geschäftsleben so wichtigen Instrumentes, sehr nahe. Schon die Alten kannten dasselbe †††††).

---

*) Von *ἀραιός*, dünn, und *μετρεῖν*, messen, also eigentlich: Dünnigkeitsmesser.

**) Von *ὕδωρ*, Flüssigkeit.

***) Von gravis, schwer.

****) Von volumen, Rauminhalt.

*****) Von *ὕδωρ*, Flüssigkeit *βάρος*, Schwere, und *σκοπεῖν*, beobachten.

******) *Βαρύλλιον* Dimin. von *βάρος*.

†) Peser, wägen, liqueur, Flüssigkeit.

††) Specielle Werke über Aräometrie: Meißner's Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Wien, 1816. Baumgartner's Aräometrie für Chemisten und Technologen. Wien, 1820. Repertorium für Chemie ꝛc. v. Brandes Hannover, 1822 Bd. II. Abth. 1. S. 552 bis 630. Rudrauff, Beiträge zur Hydrostatik und Aräometrie. Bern, 1831. Anleitung zur Bearbeitung des Glases an der Lampe von F. Körner Jena. — Außer den später zu erwähnenden gründlichen Abhandlungen von Schmidt Tralles u. a. s. noch die Abhandlung von Delegennes im Journ. de Phys. T. XCI p. 204.

†††) Von *γάλα*, Milch.

††††) Von saccharum, Zucker.

†††††) Ein Gedicht des Rhemmius Fannius Palaemon de ponderibus et mensur wird als Beweis angeführt, daß Archimedes ein Aräometer benutzt habe. Wernsdorf Poet lat. min. V. 510. Salverte in Ann. de Chim. XXVII. p. 113. Gilbert's Ann. Bd. VI S. 125. Das Gedicht enthält eine genaue und correcte Beschreibung des Aräometers un

und wahrscheinlich bediente man sich auch im Mittelalter der Salzspindeln *).

Die Lehre von der Beschaffenheit, Handhabung und Benutzung der Aräometer hat man als eine eigne Wissenschaft behandelt und Aräometrie genannt.

Im Allgemeinen schwimmt ein fester Körper in einer Flüssigkeit dann, wenn er leichter ist als ein dem seinigen gleiches Volumen der Flüssigkeit. Ein schwimmender Körper befindet sich zum Theil unter der Oberfläche der Flüssigkeit, zum Theil über derselben. Stets ist der ganze schwimmende Körper ebenso schwer wie der von ihm aus der Stelle gedrängte Theil der Flüssigkeit. Kennt man nun das Gewicht des schwimmenden Körpers, so braucht man bloß das Volumen des aus der Stelle gedrängten Theiles der Flüssigkeit zu bestimmen; dann weiß man, wie viel eine gewisse Quantität der Flüssigkeit wiegt, und kann leicht das specifische Gewicht derselben bestimmen.

Das einfachste Aräometer wäre hiernach so herzustellen, daß man irgend einen festen Körper, z. B. einen langen Blechcylinder, mit einer Eintheilung versähe, welche genau das Volumen des Körpers von unten bis zu dem betreffenden Theilstriche angäbe. Die Genauigkeit dieser Eintheilung wäre die Hauptsache. Wäre nun das Gewicht dieses Körpers = p, und bezeichnete v das Volumen des von ihm beim Einsenken aus der Stelle gedrängten Flüssigkeitsvolumens (welches die Eintheilung zu bestimmen diente), so wäre p auch das Gewicht einer Quantität jener Flüssigkeit vom Volumen v. Tauchte man dieses Aräometer nach einander in verschiedene Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte, so würde v für jede dieser Flüssigkeiten einen anderen Werth haben und zwar für die specifisch leichteste Flüssigkeit den größten, für die specifisch schwerste den kleinsten Werth. Die Volumina verhalten sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte. Man kann die verzeichnete Eintheilung — die Scale — auch so einrichten, daß sie sogleich die specifischen Gewichte zu erkennen giebt. Alle Aräometer, die nach dem eben angegebenen Princip eingerichtet sind, heißen Scalen-Aräometer.

Leicht ist es auch, entsprechende Bestimmungen zu erhalten, wenn man den Schwimmer so einrichtet, daß man sein Gewicht verändern kann. Man senkt ihn dann in die zu untersuchende Flüssigkeit und vermehrt sein Gewicht so lange, bis er bis zu einer bestimmten, ein für allemal markirten Stelle eingesunken ist. Das Volumen der aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit ist dann immer dasselbe, und kennt man das Gewicht des Schwimmers und weiß man, um wie viel dieses Gewicht vermehrt werden mußte, damit der Schwimmer bis zur Marke einsank, so kennt man auch das Gewicht einer Quantität Flüssigkeit von Volumen des Schwimmers bis zur Marke. Die (absoluten) Gewichte verhalten sich wie die Dichtigkeiten oder wie die specifischen Gewichte. Diejenigen Aräometer, welche nach diesem Princip construirt sind, nennt man Gewichts-Aräometer.

Man verfertigt die Aräometer aus Glas, Messing, (lackirtem) Eisenblech oder Zinnblech. Die metallenen Aräometer haben den Mangel, daß sie leicht Brüche

---

eines Gebrauchs zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten. Synesius in Cyrene gedenkt eines Baryllion in einem Briefe an Hypatia. Fermatii opp. math. Tolosae 1679. Wolfii fragm. mul. graec. Gott. 1739. p. 368. Gehler N. A. a. a. O.

*) Thölden in seiner Halographie (1603) führt die Salzspindel als längst bekanntes Instrument an. Leupold Theatr. stat. univ. II. Cap. 6. Gehler N. A. a. a. O.

oder Beulen bekommen, den Schmutz sehr annehmen und beim Reinigen (Abreiben leicht etwas an Gewicht verlieren. Auch werden die Metalle von vielen Flüssigkeiten angegriffen. Alle diese Mängel haben gläserne Aräometer nicht; aber sind freilich leichter zerbrechlich. Die Scalenaräometer verlangen größere Sorfalt bei der Herstellung. Dies ist weit weniger bei den Gewichtsaräometern der Fall, bei denen Alles auf die Genauigkeit der Gewichte ankommt *).

Ich spreche zunächst von den Gewichts-Aräometern als den einfachsten. Ein ebenso einfaches als brauchbares Instrument ist das Aräometer von Fahrenheit **). Ein hohler rundlicher Körper von Glas geht oben in einen dünnen Hals C C aus, an welchem sich eine Marke (z. B. ein Feilstrich unter T) befindet und welcher oben einen Teller P trägt, auf den Gewichte gelegt werden können. Man wiegt das ganze Instrument. Sein Gewicht sei p. Dann senke man es in Wasser und lege so viele Gewichte p′ auf die Schale, bis das Instrument bis zur Marke einsinkt. Es werden also p + p′ Gewichtstheile Wasser aus der Stelle gedrängt. Hierauf senke man das Instrument in eine andere Flüssigkeit und lege wieder so viele Gewichte p″ auf die Schale, bis es zur Marke einsinkt; so werden nunmehr von der zweiten Flüssigkeit p + p″ Gewichtstheile aus der Stelle gedrängt. Mithin ist ihr specifisches Gewicht

$$\frac{p + p'}{p + p''}.$$

Ich bemerke noch, daß man in die kleine Kugel B am untern Ende des Instruments etwas Quecksilber bringt. Dies bewirkt, daß der Schwerpunkt nach unten zu gen kommt und daß folglich das Instrument, wenn man es in eine Flüssigkeit senkt, die aufrechte Stellung beibehält.

Näher ist die Theorie des Gewichts-Aräometers folgende.

Man stelle sich ein Gewichtsaräometer bis zur Marke in Wasser eingesenkt. Sein Gewicht sei p, sein Volumen bis zur Marke v. Dann muß das von ihm aus der Stelle gedrängte Wasser, welches also auch das Volumen v hat, gerade ebensoviel wiegen als das Instrument. Wenn s das specifische Gewicht des Wassers bezeichnet, so muß folglich $p = vs$, d. h. $v = \frac{p}{s}$ sein. Bringt man es auf das Instrument in eine andere Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht s′ ist, so muß das Gewicht des Aräometers verändert werden, damit dasselbe abermals zur Marke einsinke. Sein Gewicht sei nunmehr p′. Es wird folglich jetzt p' vs' sein. Es ist also $s' = \frac{p'}{v}$, und da nach dem Obigen $s = \frac{p}{v}$, so ist $= \frac{p's}{p}$. Nimmt man wie gewöhnlich das specifische Gewicht des Wassers $= 1$ an, so ist $s' = \frac{p'}{p}$. Die Umänderung des Gewichtes p in das Gewicht geschieht durch Auflegung eines kleinen Gewichtes, welches q heiße. Dann ist $= p + q$. Wir haben also $s' = \frac{p + q}{p} = 1 + \frac{p}{p}$. Es bezeichnet fol-

*) Vergl. Baumgartner, Naturlehre Suppl. S. 78.
**) Philos. Transact. 1720. T. XXIII. p. 140.

$\frac{q}{p}$ der Unterschied des specifischen Gewichtes der zweiten Flüssigkeit vom specifischen Gewichte des Wassers. Der Werth von $\frac{p}{q}$ ist desto größer, je kleiner p ist, d. h. die Empfindlichkeit des Instrumentes ist desto größer, je kleiner sein Gewicht ist. Da aber $s' - s = \frac{q}{p}$ ist, folglich $q = p\,(s' - s)$, und weil $p = vs$, $q = vs\,(s' - s)$, so ist auch q desto größer, je größer v ist, d. h. das Instrument ist desto empfindlicher, je größer sein Volumen ist.

Das vorhin beschriebene Aräometer hat die Unannehmlichkeit, daß es nicht so eingerichtet werden kann, daß es für alle Arten von Flüssigkeiten gleich brauchbar ist; denn es ist klar, daß es nur so lange brauchbar ist, als es nicht ohne Uebergewicht, nicht schon durch sein eigenes Gewicht in der betreffenden dünnen Flüssigkeit unter die Marke hinuntergedrückt wird, weil man es durch Auflegung von Gewichten wohl schwerer, aber nicht leichter machen kann. Wollte man es aber überhaupt so leicht machen, daß es auch in der dünnsten Flüssigkeit noch mit der Marke über dem Niveau sich hielte, so würde bei diesen Flüssigkeiten die Belastung des Tellers wieder verhältnißmäßig zu groß sein müssen *).

Diesem Uebelstande hat G. G. Schmidt durch die nach seiner Angabe von Ciarcy ausgeführten Instrumente abgeholfen. An den birnförmigen Körper A können unten an einem Haken an der stielförmigen Fortsetzung zwei verschiedene mit Queckfilber gefüllte gläserne Gefäße a angehängt werden. Mit dem einen Gefäße wiegt das Instrument 700 halbe Gran Cöln., mit dem andern 1200 halbe Gran Cöln. Das Instrument ist so abgepaßt, daß es mit dem leichteren Gefäße verbunden, in reines Wasser von 150° R. Temperatur getaucht und auf dem Schälchen oben mit 300 halben Gran belastet bis zur Marke einsinkt. Dann ist also für reines Wasser die Gewichtsangabe 700 + 300 = 1000. Diese Gewichtsangabe entspricht dem specifischen Gewichte des Wassers = 1,000. Hätte man nun eine Flüssigkeit, bei welcher man 170 halbe Gran auflegen müßte, um das Instrument bis zur Marke einzusenken, so gäbe 700 + 170 = 870 das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit = 0,870. Bei Flüssigkeiten, die über 1,200 specif. Gewicht haben, hängt man das schwerere Queckfilbergefäß an und erhält dann gleichfalls die specifischen Gewichte ohne Weiteres. Z. B. müßte man in einer gewissen Flüssigkeit 170 Gran auflegen, so wäre das specifische Gewicht der betreffenden Flüssigkeit 1200 + 170 = 1,370 An diesem Instrumente kann man die specifischen Gewichte innerhalb sehr weiter Grenzen bestimmen.

Tralles **) hat der Fahrenheit'schen Senkwage eine Gestalt gegeben, welche manche Vortheile gewährt, freilich aber auch andererseits das Instrument in seiner Anwendbarkeit beschränkt. Es besteht nämlich das Tralles'sche Aräo-

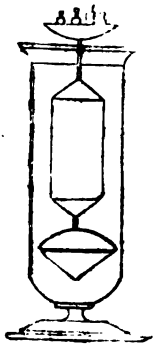
*) Gren, Journ. VII. 186. Ciarcy Beschreibung des allgemeinen Aräometers. Leipzig, 1793.

**) Gilb. Ann. Bd. XXX. S. 384. Bd. XXXVIII. S. 401. Ueber die Handhabung dieses Instrumentes s. weiter unten, wo von dem Alkoholometer die Rede ist.

ometer, von ihm hydroſtatiſche Wage genannt, in einer verhältn
mäßig großen Glaskugel, die in einen dünnen Hals ausgeht, an
chem die Marke angebracht iſt. Je dünner der Hals im Verhält
gegen die Kugel iſt, deſto empfindlicher iſt das Inſtrument. A
Halſe aus geht ein zweimal rechtwinklig umgebogener Stab
unten (unter den Schwerpunkt des Inſtrumentes) und trägt hier
kleine Schale, auf welche Gewichte gelegt werden können.

Man kann ſich dieſes Aräometers, ſowie der vorerwähnten Inſ
mente auch zum Wägen feſter Körper bedienen. Man legt nämlich den zu wä
den Körper auf die Schale, legt dann ſo viele Grammen zu, bis das Inſtrumen
zur Marke in der (beliebigen) Flüſſigkeit eingeſunken iſt, nimmt einen der zu wä
den Körper hinweg und erſetzt ihn durch ſo viele Grammen, als nöthig ſind, um a
mals das Einſinken bis zur Marke zu bewirken. Die Anzahl der zuletzt aufg
ten Grammen beſtimmt das Gewicht des Körpers.

Das Hydrometer von Nicholſon *) hat den Vorzug, daß es beq
auch zur Beſtimmung des ſpecifiſchen Gewichtes feſter Körper benutzt werden k
Es beſteht aus einem hohlen, aber allſeitig verſchloſſenen Gefäße von Blech,



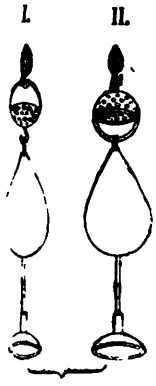
oben, wie das Fahrenheit'ſche Inſtrument, in einen dü
Hals mit einer Marke ausgeht, der einen kleinen Teller tr
Unten trägt es einen kleinen Eimer von Blech. Gewöhnlich
das Inſtrument ſo regulirt, daß es in Waſſer mit einer B
ſtung von 1000 Gran auf dem Teller bis zur Marke einſ
Bringt man es in eine andere Flüſſigkeit, ſo muß man ein ge
ſes Gewicht von den 1000 Gran wegnehmen oder ein gew
Gewicht zuſetzen, damit die Marke in das Niveau der Flüſſ
kommt. Aus dieſem Gewicht erkennt man das ſpecifiſche Ge
der Flüſſigkeit. Bezeichnet p das Gewicht des Inſtrumentes,
das zugelegte oder weggenommene Gewicht, 1 das ſpecifiſch
wicht des Waſſers, s das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit,
cher p′ entſpricht, ſo hat man

$$p + 1000 : p \pm p' = 1 : s, \text{ alſo } s = \frac{p \pm p'}{p + 1000}.$$

Um mit Hülfe dieſes Inſtrumentes das ſpecifiſche Gewicht eines feſten Kör
zu beſtimmen, legt man den zu unterſuchenden Körper erſt auf den oberen
und legt ſo viel Gewicht zu, bis das Inſtrument in Waſſer bis zur Marke
ſinkt. Hierdurch lernt man das abſolute Gewicht des Körpers kennen.
man nämlich ohne den Körper 1000 Gran auflegen muß, um die Marke in
veau zu bringen, und mit dem Körper nur p′ Gran auflegen muß, ſo iſt da
wicht des Körpers $p = 1000 - p'$ Gran. Hat man auf dieſe Weiſe
abſolute Gewicht des Körpers beſtimmt, ſo legt man ihn in den kleinen Eim
unteren Theile des Inſtrumentes, und legt auf den Teller Gewichte (p″)
bis die Marke wieder ins Niveau kommt. Im Waſſer nämlich iſt der Körp
ſo viel leichter als außer dem Waſſer, als das Waſſer wiegt, welches er au
Stelle drängt. Hiernach iſt das ſpecifiſche Gewicht des Körpers gegen Waſſ
1 durch die Proportion gegeben: $s : 1 = p : p''$; alſo $s = \frac{p}{p''}$.

*) Nicholson Natural Philosoph. Vol. II. p. 16. Manchester Memoirs Vol. II. p.

Eine Vervollkommnung hat das Nicholſon'ſche Inſtrument durch Charles *) erhalten, welcher ſeinen Apparat Aräometer-Wage (aréomètre-balance) nannte. Derſelbe iſt ein Fahrenheit'ſches Aräometer, das unten in einen Haken ausgeht, an welchem ein ſilberner Drahtkorb oder Sieb ſtatt des Eimers am Nicholſon'ſchen Inſtrumente hängt. (Fig. I.) In dieſem Korbe kann ſich nicht ſo



leicht wie in dem Eimer unvermerkt Luft verhalten. Unter dem Korbe hängt eine mit Queckſilber gefüllte Glaskugel, welche bewirkt, daß der Schwerpunkt des Apparates nach unten fällt. Die Behandlung des Inſtrumentes iſt ganz dieſelbe wie die des Nicholſon'ſchen Aräometers. Aber man kann es auch benutzen, um das ſpecifiſche Gewicht ſolcher feſten Körper zu beſtimmen, welche ſpecifiſch leichter als Waſſer ſind. Wollte man dieſe Beſtimmung mit dem Nicholſon'ſchen Inſtrumente vornehmen, ſo würde der leichte Körper in den Eimer gelegt aus dieſem von ſelbſt in der Flüſſigkeit emporſteigen und in der Flüſſigkeit ſchwimmen. Will man nun das ſpecifiſche Gewicht eines derartigen Körpers mit dem Charles'ſchen Aräometer beſtimmen, ſo wägt man ihn wie gewöhnlich erſt auf dem oberen Teller. Hierauf hakt man den Korb am Inſtrumente ab, kehrt ihn um, ſo daß der ganze Apparat nunmehr die nebenſtehende Geſtalt Fig. II. erhält, und legt den Körper in den Korb, welcher hernach im Waſſer ſein Emporſteigen hindert. Das Inſtrument wird aber durch den leichten Körper etwas gehoben. Man bringt durch Auflegen von Gewichten auf den Teller das Inſtrument wieder zum Normalſtande. Das hinzugefügte Gewicht beſtimmt den Gewichtsverluſt, welchen der Körper im Waſſer erleidet, d. h. das Gewicht eines dem ſeinigen gleichen Volumens Waſſer, und dividirt man mit dieſem Gewichtsverluſte das Gewicht des Körpers in der Luft, ſo erhält man ſein ſpecifiſches Gewicht. Man kann indeß auch das Nicholſon'ſche Inſtrument zu derartigen Wägungen brauchbar machen, wenn man das unten angebrachte Gefäß zum Umwenden einrichtet, ſo daß man feſte Körper, welche ſpecifiſch leichter als Waſſer ſind, ſo in das Gefäß legen kann, daß dieſes ſie an dem Emporſteigen hindert.

Guyton de Morveau **) hat ein Gravimeter angegeben, welches im Weſentlichen ebenfalls mit Nicholſon's Hydrometer übereinſtimmt.

Der Geſtalt nach dem Fahrenheit'ſchen Inſtrumente verwandt, aber dem Princip nach, auf welchem es beruht, zur Claſſe der Scalenaräometer gehörig iſt dasjenige von Biot ***) beſchriebene Aräometer.

Anſtatt das Aräometer durch Gewichtszulage zum Einſinken bis an ein feſtes Zeichen zu bringen, kann man es auch bloß ſoweit eintauchen laſſen, als ſein Gewicht es mit ſich bringt, und nach der Verſchiedenheit der Volumina, die es in jeder Flüſſigkeit aus der Stelle drückt, auf deren Dichtigkeit ſchließen; denn aus der Kenntniß des Gewichtes und Volumens des eingetauchten Theils ergiebt ſich ſogleich

*) Biot traité de physique T. I. p. 433. Fechner's Ueberſ. Bd. I. S. 370.
**) Ann. de Chim. Vol. XXI. p. 3.
***) Biot's Phyſik von Fechner Bd. I. S. 365.

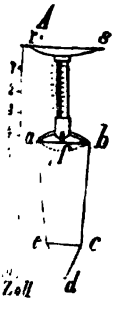
nach einem einfachen Verhältniß das abſolute Gewicht jedes andern Volume
Will man jedoch nur die Gewichte verſchiedener Flüſſigkeiten mit einander vergl
chen, ſo kann man ſich dieſer Berechnung überheben, indem man immer mit d
nämlichen Aräometer operirt. Drückt dies z. B. von einer Flüſſigkeit ein Vo
men, welches 16 Cubikcentimeter beträgt, von einer andern ein Volumen von
aus der Stelle, ſo leuchtet ein, daß 32 Cubikcentimeter von letzterer Flüſſigkeit
viel wiegen, als 16 von erſterer. Im Allgemeinen werden bei dieſem Verfahr
welches das Gewicht des Aräometers ungeändert läßt (während bei dem vori
Verfahren das Volumen des eingetauchten Theils ſich ſtets gleich blieb), die D
tigkeiten ſich ſtets umgekehrt wie die vom Aräometer aus der Stelle gedrüc
Volumina erhalten. Man braucht mithin nur noch eine Gradeintheilung
Aräometer anzubringen, um zur Kenntniß dieſer Volumina zu gelangen.
dieſem Zweck gebe man ihm einen vollkommen cylindriſchen Stiel, wäge es
markire genau den Punkt T, bis zu welchem es vermöge ſeines eigenen Gewi
bei der Temperatur der größten Waſſerdichte einſinkt. Sein Gew

in Grammen ausgedrückt, wird alsdann das Volumen des eingeta
ten Theils nach Cubikcentimetern geben. Darauf lege man auf
obern Theil des Inſtruments Gewichte, ſo daß das Inſtrument bis
einem andern, tiefer gelegenen, Punkt einſinkt, den man gleich
markirt. Die Summe des Zuſatzgewichtes und des eigenthümli
Gewichtes des Inſtrumentes wird auch jetzt das Volumen des ei
tauchten Theils geben; zieht man dies vom erſten ab, ſo findet
das Volumen desjenigen Theils vom Stiel, der zwiſchen beiden marki
Punkten enthalten iſt. Kann alſo derſelbe als cylindriſch angenom
werden, ſo braucht man dieſen Zwiſchenraum nur in eine beli
Zahl gleicher Theile zu theilen, welche ebenſoviel gleichen Volu
theilen entſprechen, deren Verhältniß zum urſprünglichen Volu
von welchem man ausging, dadurch bekannt ſein wird. Geſetzt z. B. jede
theilung betrage $\frac{1}{1000}$ davon. Drückt man nun dieſes Volumen, das des T
nämlich, der beim Einſinken des Inſtruments vermöge ſeines eignen Gewichts
zum Strich T in deſtillirtem Waſſer eintaucht, durch 1000 aus, und ſieht,
das Inſtrument in einer andern Flüſſigkeit bis zum zweiten Strich T' oder bis
dritten T'' oder bis zum vierten T''' einſinkt, ſo wird man wiſſen, daß die aus
Stelle gedrückten Volumina 1001, 1002 oder 1003 u. ſ. f. ſind, und da
ſchließen, daß die Dichtigkeit der Flüſſigkeit $\frac{1000}{1001}$ oder $\frac{1000}{1002}$ oder $\frac{1000}{1003}$
der des Waſſers beträgt, ſich nämlich umgekehrt wie das Volumen verhält.
kann ſich ſelbſt durch einen ganz einfachen Kunſtgriff die Reduction dieſer Br
auf Decimalbrüche erſparen, indem man die Dichtigkeit unmittelbar in Tau
theilen auffindet. Zu dieſem Zwecke macht man die Eintheilungen des S
ungleich und verzeichnet die erſte T' in einer Entfernung von T, welche nicht $\frac{1}{1}$
ſondern $\frac{1}{999}$ des urſprünglichen Volumens ausmacht, die zweite T'' $\frac{2}{998}$,
dritte T''' $\frac{3}{997}$ u. ſ. f., immer vom Anfangspunkte T an gerechnet. Da

schreibt man zur Seite jeder Eintheilung die Zahlen 999, 998, 997, welche resp. bei Verzeichnung derselben als Divisoren dienten. Denn zu welchem Punkt T', T'', T''' des Stiels auch ein so eingerichtetes Aräometer einsinken mag, das ganze Volumen des eingetauchten Theiles wird immer genau durch 1000 ausgedrückt sein, und das ursprüngliche, vom Strich T begränzte, Volumen durch die Zahl, welche dem Punkt zugehört, bis zu dem des Aräometers eingesunken ist. Somit werden die Ausdrücke für die Dichtigkeit sein $\frac{999}{1000}, \frac{998}{1000}, \frac{997}{1000}$, immer mit einem Nenner gleich 1000. So läßt sich eine Folge von Aräometern verfertigen, deren Eintheilungen von den geringsten bis zu den größten Dichtigkeiten, die man zu beobachten Gelegenheit hat, Dienste zu leisten vermögen.

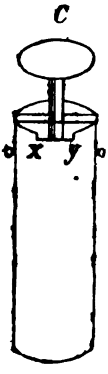
Eine sehr zweckmäßige Einrichtung hat zuerst Mohs dem Aräometer gegeben, indem er die zweite bei dem Nicholson'schen Instrumente unten befestigte Schale gleich unter dem Halse anbrachte. Hier kann man den abzuwägenden Körper auf die untere Schale bringen, ohne das ganze Instrument aus dem Gefäß, welches die Flüssigkeit enthält, zu heben. Dies ist nämlich darum überaus nachtheilig, weil bei jedem neuen Einsenken Luft am Instrumente adhärirt, welche es unregelmäßig hebt und also die Beobachtungen unrichtig macht.

Viel Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen Instrumenten haben die Gravimeter von Bustamente und Baumgartner. Sie sind bestimmt, die specifischen Gewichte fester Körper, namentlich Mineralien zu entdecken.



Bustamente's*) Instrumente sieht man in den nebenstehenden Abbildungen. Der kegelförmige Körper abcde (Fig. A) ist hohl von Metallblech und mit der nöthigen Belastung von Schrot versehen; seine schüsselförmige Deckplatte afb dient statt des Eimers (der unteren Schale) am Nicholson'schen Instrument. Der Hals ist von Glas und mit einer in gleich große Theile getheilten Scale versehen; oben trägt er den Teller. Fig. B. zeigt das Instrument in der zinnernen Büchse, in welche es beim Transport eingeschlossen wird; diese Büchse dient auch zur Aufnahme des Wassers, welches zum Gebrauch des Instruments erfordert wird. Das Instrument ist so abgeglichen, daß es, unbeschwert, bis zur Basis ab des Kegels in Wasser einsinkt; um es bis zum Mittelpunkt der Scale, dessen Lage übrigens willkürlich ist, zu versenken, muß man auf den oberen Teller ein gewisses Gewicht legen. Ist dies geschehen, und will man nun ein Mineral auf sein specifisches Gewicht untersuchen, so legt man auch dieses zuvörderst auf den oberen Teller. Dadurch sinkt das Instrument bis zu einem gewissen Punkt ein, z. B. bis zum Strich 51 der Scale. Hierauf bringt man das Mineral aus dem Teller rs in die untere Schüssel afb, ohne das Zulage-Gewicht vom Teller zu nehmen. Jetzt wird das Instrument weniger tief, z. B. bis zum Theilstrich 34 einsinken. Aus diesen beiden Bestimmungen ergiebt sich nun das specifische Gewicht des Minerals; es ist $= \frac{51-0}{51-34} = 3$. Da es etwas schwie-

*) Handwörterbuch d. Chem. v. Liebig, Poggendorff u. Wöhler. Bd. I. S. 484.



rig iſt, genau zu beobachten, welcher Strich der Scale ins Niveau der Flüſſigkeit fällt, beſonders hier, wo die Abtheilungen klein ſind und das Inſtrument von einer Metallbüchſe umgeben iſt, ſo werden die Senkungen des Inſtruments an zwei ſeidenen Fädchen abgeleſen, die dies- und jenſeits ſeines Halſes quer über die Büchſe ausgeſpannt und außerhalb an Knöpfchen befeſtigt ſind, wie es Fig. C zeigt. Die Ableſung geſchieht dann durch den Ausſchnitt x y und iſt allerdings einer bedeutenden Genauigkeit fähig; wenn indeß das Reſultat einen gleichen Grad von Genauigkeit haben ſoll, ſo muß freilich auch eine Berichtigung für die Veränderung angebracht werden, welche der Waſſerſpiegel durch das mehr oder minder beträchtliche Einſenken des Aräometers und durch die Einführung des gewogenen Körpers in das Waſſer erfährt.

Baumgartner's*) Aräometer iſt in der Hauptſache dem eben beſchriebenen ähnlich; nur hat es die Geſtalt des Nicholſon'ſchen Inſtruments und iſt am Halſe mit zwei Scalen verſehen. Die eine dieſer Scalen (A) hat gleich große Theile und zählt, von unten nach oben, von 1 bis 100. Die andere (B) hat eine ungleichförmige Theilung und beruht auf Folgendem: Wenn p das Gewicht eines Körpers in Luft und p′ daſſelbe in Waſſer bezeichnet, ſo hat man für ſein ſpecifiſches Gewicht s den Ausdruck $s = \frac{p}{p-p'}$. Die Gewichte p und p′ ſind gegeben an der Scale (A) durch die Punkte, bis zu welchen das Inſtrument einſinkt, wenn man den zu wägenden Körper, z. B. ein Mineral, erſtlich auf den Teller oben und dann in den Eimer unten legt, und das Inſtrument für ſich allein zum Nullpunkt dieſer Scale eintaucht. Iſt nun p eine conſtante Zahl, z. B. 10, ſo entſpricht jedem p′ ein gewiſſes s, und wenn die verſchiedenen Werthe von p′ durch die Theilſtriche von A vorgeſtellt werden, ſo wird man jedem derſelben gegenüber den entſprechenden Werth von s ſchreiben können. Die zweite Scale (B) giebt nun dieſe Werthe von s, und zwar ſind nur ſolche Theilſtriche gezogen, welche gleich großen Unterſchieden dieſer Werthe entſprechen, wodurch ſie dann nothwendig der obigen Formel gemäß, ungleiche Abſtände von einander bekommen. Die Correſpondenz der Theilſtriche beider Scalen ergiebt ſich durch folgende Tafel:

*) Baumgartner's und Ettinghauſen's Zeitſchrift Bd. I. S. 1. Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 484.

Entſprechende Theile der Scale (A)	Entſprechende Theile der Scale (B)	Entſprechende Theile der Scale (A)	Entſprechende Theile der Scale (B)	Entſprechende Theile der Scale (A)	Entſprechende Theile der Scale (B)
100		83,4	6,0	52,4	2,1
95,0	20	82,8	5,8	50,0	2,0
94,8	19	82,2	5,6	48,8	1,95
94,5	18	81,5	5,4	47,4	1,90
94,1	17	80,8	5,2	45,8	1,85
93,7	16	80,0	5,0	44,5	1,80
93,3	15	79,2	4,8	42,9	1,75
92,9	14	78,3	4,6	41,2	1,70
92,3	13	77,3	4,4	39,4	1,65
91,7	12	76,2	4,2	37,5	1,60
91,3	11,5	75,0	4,0	35,5	1,55
91,0	11	73,7	3,8	33,3	1,50
90,5	10,5	72,2	3,6	31,0	1,45
90,0	10	70,6	3,4	28,6	1,40
89,5	9,5	68,8	3,2	25,9	1,35
88,9	9,0	66,7	3,0	23,0	1,30
88,3	8,5	65,5	2,9	20,0	1,25
87,5	8,0	64,3	2,8	16,7	1,20
86,8	7,5	63,0	2,7	13,0	1,15
85,7	7,0	61,5	2,6	9,1	1,10
85,5	6,8	60,0	2,5	4,8	1,05
85,0	6,6	58,3	2,4	0,0	1,00
84,4	6,4	56,5	2,3		
83,9	6,2	54,6	2,2		

Taucht nun das Inſtrument für ſich bis zum Nullpunkte der Scale (A) in die Flüſſigkeit ein, und hat das Mineral ein ſolches Gewicht, daß es, auf den oberen Teller gelegt, das Inſtrument bis zum Punkt 100 derſelben Scale herabdrückt, ſo findet man ſein ſpecifiſches Gewicht ohne Rechnung durch die Scale (B). Man braucht nämlich das Mineral nur in den unteren Eimer zu legen und an der Scale (B) den Punkt abzuleſen, der im Niveau der Flüſſigkeit liegt. Die beigefügte Zahl giebt unmittelbar das ſpecifiſche Gewicht. Sänke das Inſtrument, während das Mineral im untern Eimer liegt, bis zum Punkt 68,8 an der Scale (A) ein, ſo ſagt die obige Tafel, daß an der Scale (B) der Punkt 3,2 im Niveau der Flüſſigkeit liegen würde. Es wird alſo 3,2 das ſpecifiſche Gewicht des Minerals ſein.

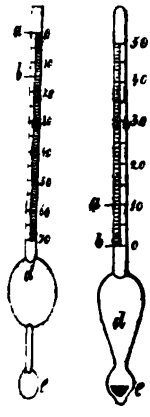
In der Regel wird das Mineral, wenn es ſich in dem oberen Teller befindet, das Inſtrument nicht gerade bis zum Punkt 100 der Scale (A) herabdrücken, ſondern nur bis zu irgend einem andern Punkte, z. B. bis 80. In dieſem Falle legt man neben das Mineral auf den Teller noch ſo viel Gewicht, daß der Punkt der 100 ins Niveau der Flüſſigkeit tritt. Dann bringt man das Mineral, ohne das Zulage-Gewicht aus dem Teller zu nehmen, in den Eimer unten, und bemerkt, welcher Punkt der Scale (B) einſpielt. Wäre dies z. B. der Punkt 4, ſo hat man 4 mit 80 zu multipliciren und durch 100 zu dividiren. Die dadurch

erhaltene Zahl 3,2 ist das specifische Gewicht des Minerals gegen das des Wasser
= 1. Der Grund dieser Rechnung wird aus Folgendem erhellen: Wenn das
Gewicht des Körpers in der Luft, statt p zu sein, nur m p ist, so geht auch sein
Gewicht in Wasser aus p' im m p' über. Entsprechende Scalen wird man an de
Scale (A) ablesen. Fügt man nun zu m p ein Gewicht a, so daß m p + a = p
so sinkt das Instrument, an der Scale (A) gemessen, wenn das Mineral im ober
Teller liegt, bis zum Punkt m p + a = p ins Wasser, und wenn es unten in
Eimer liegt, bis zum Punkt m p' + a. Statt des obigen Ausdruckes für s hat
man also den folgenden: $\frac{mp + a}{(mp + a) - (mp' + a)} = \frac{mp+a}{(p-p')m}$ und di
würde der Punkt der Scale (B) sein, welcher, unter den genannten Bedingunge
im Wasserspiegel liegt. Klar ist nun, daß, wenn man diesen Ausdruck mit m
multiplicirt und durch m p + a dividirt, man wieder auf den früheren Werth v
s zurückkommt, für welchen die Tafel und die Scale (B) entworfen ist. Dara
ergiebt sich dann die obige Regel. Unter m wurde hier irgend ein ächter Bru
verstanden; einleuchtend ist aber, daß es auch ein unächter Bruch oder eine ga
Zahl sein könnte, in welchem Falle das Mineral mehr als 100 wiegen würde u
das Zulage-Gewicht negativ sein müßte.

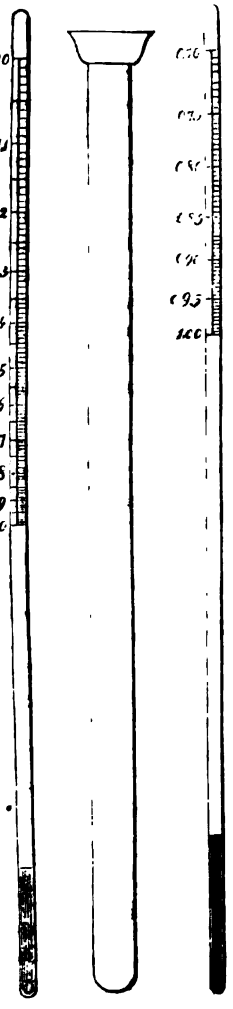
Im Allgemeinen ist noch in Bezug auf die Gewichtsaräometer zu erinne
daß der Hals des Instrumentes weder allzu dick noch allzu dünn sein darf. E
zu dicker Hals macht das Instrument unempfindlich; ein zu dünner Hals begü
stigt die Adhäsion der Flüssigkeit zu sehr und macht also ebenfalls das Instrum
unempfindlich. Die Marke kann man durch einen Feilstrich am Halse bezeichn
Aber durch jede derartige Vertiefung wird wieder die Adhäsion der Flüssigkeit
günstigt. Ein vorstehender kleiner Zapfen, Wulst u. dergl. hätte noch grö
Nachtheile. Besteht der Hals aus einer dünnen Glasröhre, so kann man
Marke durch ein in das Röhrchen geschobenes Papier, auf welchem ein Strich
zeichnet ist, sehr bequem anbringen. Bei einem Halse von Stahl bewirkt man
Marke am besten dadurch, daß man den untern Theil des Halses bis zur M
blau anlaufen läßt, den obern Theil aber wieder blank polirt.

Man pflegt die obere Schale des Instrumentes mit Armen zu versehen, we
verhindern sollen, daß das Aräometer nicht bei zu starker Belastung ganz un
sinke. Diese Vorrichtung macht aber das Instrument ungenau und ist überflü
zumal wenn man sich zur Aufnahme der Flüssigkeit, in welcher die Versuche a
stellt werden sollen, eines Gefäßes bedient, das nicht tief genug ist, um ein
sinken des Aräometers zu gestatten.

Die Scalenaräometer haben im Allgemeinen einen viel längeren
und einen kleineren Körper als die Gewichtsaräometer, auch haben sie anstatt
Scale, in welche die meisten Gewichtsaräometer oben ausgehen, und anstatt
Marke, bis zu welcher sie stets eingesenkt werden, eine Scale, welche bei den gl
nen Instrumenten in der Regel so angebracht wird, daß man sie auf einem Pa
streifen verzeichnet und in den aus einer Glasröhre bestehenden Hals hineinsch
wo sie dann mit etwas Siegellack in der gehörigen Stellung befestigt wer
Die den Hals bildende Glasröhre wird dann oben zugeschmolzen. Bei den
tallenen Instrumenten wird die Scale eingravirt. Der Körper pflegt kugel-
birnförmig, wohl auch cylindrisch zu sein. Unter demselben ist, wie bei



Gewichtsaräometern und aus demselben Grunde, eine schwerere Kugel (e) angebracht. Das Instrument soll auch in dem Falle, daß sein ganzer Hals außerhalb der Flüssigkeit sich befände, noch in senkrechter Stellung schwimmen. Je dünner im Allgemeinen der Hals des Instrumentes gegen den Körper desselben ist, desto empfindlicher wird das Instrument, d. h. desto mehr steigt oder sinkt es, wenn das specifische Gewicht der Flüssigkeit, in welche es eingetaucht ist, sich ändert. Indeß darf der Hals nicht allzu dünn gemacht werden, damit er nicht leicht zerbrochen oder verbogen werden, damit die Scale mit der nöthigen Deutlichkeit gefertigt werden kann und damit der Hals nicht allzu lang gemacht werden darf; der Körper darf nicht zu dick sein, damit man nicht allzu große Quantitäten Flüssigkeit zu verwenden nöthig habe. Die aus Glas verfertigten Scalenaräometer haben gewöhnlich die Gestalt wie Fig. II. In der unteren Kugel e befindet sich etwas Quecksilber oder Schrot. Die metallenen Scalenaräometer bestehen aus dünnem Messing- oder Silberblech, welches letztere den Vorzug hat, daß es von sauren und alkalischen Flüssigkeiten nicht angegriffen wird, und pflegen die Gestalt wie Fig. I. zu haben. Die beiden Kugeln e und d sind durch eine dünne Röhre f verbunden. Der Hals ist entweder cylinderförmig (wie bei den gläsernen Instrumenten) oder ein schmales vierkantiges Stäbchen. Eine abweichende Gestalt haben die gläsernen Aräometer, welche zuerst Richter*) angegeben, in neuerer Zeit Prof. Reißner**) in Wien wieder in Aufnahme gebracht hat. Dieselben bestehen in einfachen Glasröhren (Fig. III., IV. und V.), welche an beiden Enden zugeschmolzen, ungefähr 20 Zoll lang und unten mit Quecksilber oder Schrot beschwert sind. Dazu gehört ein eigenes langes und enges Gefäß, das oben trichterförmig erweitert ist und in einem hölzernen Fuße festgestellt werden kann.



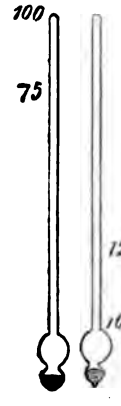
Die Scalenaräometer unterscheiden sich unter einander hauptsächlich durch die Einrichtung, welche man der an ihnen angebrachten Scale gegeben hat. Am nächsten liegt es, die Scale so einzurichten, daß man an ihr das Volumen des eingesenkten Theiles des Instrumentes direct ablesen kann. Findet man dieses Volumen bei zwei verschiedenen Flüssigkeiten v und v', so sind v und v' auch die Volumina der verschiedenen Flüssigkeiten, welche gleich

*) Ueber die neueren Gegenstände der Chemie. Bd. V. S. 51.
**) Reißner, Aräometrie.

viel, nämlich ebenſo viel wie das ganze Inſtrument wiegen. Kennt man ab
dieſe gleich viel wiegenden Volumina der verſchiedenen Flüſſigkeiten, ſo kann man il
ſpecifiſches Gewicht leicht berechnen, da man weiß, daß ſich die Volumina umgekeh
verhalten wie die ſpecifiſchen Gewichte. (S. oben.)

Es muß bemerkt werden, daß die eben angeführte Betrachtung darum ni
ganz richtig iſt, weil der jedesmal aus der Flüſſigkeit herausragende Theil des I
ſtrumentes mit um ſo weniger Gewicht wirkt, als ein dem ſeinen, gleiches V
lumen Luft wiegt. Hierauf iſt keine Rückſicht genommen. Es wird aber der hi
aus ſich ergebende Irrthum deſto größer ſein, je mehr von dem Inſtrumente in
Luft ſich befindet und je ſchwerer die Luft eben iſt. Man würde alſo zur Verm
dung dieſes Irrthums auch auf den Barometerſtand Rückſicht zu nehmen hab
Jedoch iſt es nicht nöthig, dieſen Einfluß der Luft zu berückſichtigen, da er viel
gering iſt, um auf die Beobachtungen eines Inſtrumentes weſentlich zu influir
das eines ſehr hohen Grades von Genauigkeit ohnehin nicht fähig iſt.

Nach dem eben angegebenen Principe iſt das Volumeter von Ga
Luſſac *) eingerichtet. Daſſelbe beſteht aus einer möglichſt genau cylindriſc
Glasröhre, in welcher ſich etwas Queckſilber befindet, um den Schwerpunkt n
unten zu verrücken und ein tieferes Einſinken zu bewirken. Man kann ſo la
Queckſilber nachfüllen, bis das Inſtrument in reinem Waſſer von der Normalt
peratur bis zum oberſten Punkte einſinkt. Dieſer Punkt wird mit 100 bezeich
Wenn das Inſtrument durchgängig denſelben äußeren Durchmeſſer hätte, ſo kön
man es nun von unten nach oben ſeiner ganzen Länge nach in 100 Theile
legen, und beobachtete man hernach z. B., daß es in einer anderen Flüſſigkeit
zum Punkte 50 einſänke, ſo würde man hieraus erkennen, daß die zweite Flü
keit noch einmal ſo ſchwer als Waſſer wäre, weil ein gewiſſes Volumen dieſer F
ſigkeit ebenſo ſchwer wäre, wie ein doppelt ſo großes Volumen Waſſer. Hat
das Inſtrument ungefähr die Geſtalt der nebenſtehenden Zeichnung, ſo kann
die weitere Graduirung auch folgendermaßen bewirken. Man ſtelle eine S
löſung her, welche ein ſpecifiſches Gewicht von $^4/_3$ oder 1,33
und trage an dem Punkte, bis zu welchem in ihr das Inſtrum
einſinkt, 75 (oder $^3/_4$ von 100) auf. Den Abſtand beider Theilſtr
100 und 75 theile man in 25 gleiche Theile, und gleich g
Theile trage man dann unterhalb 75 auf die Glasröhre.
Gebrauch des Inſtrumentes iſt leicht zu überſehen. Senkt
es in eine Flüſſigkeit, in welcher es bis zum Theilſtriche 80



ſinkt, ſo iſt das ſpecifiſche Gewicht dieſer Flüſſigkeit gleich
$= 1{,}25$, weil, wenn 1 das ſpecifiſche Gewicht des Waſſers
zeichnet, s das ſpecifiſche Gewicht der betreffenden Flüſſig
$100 : 80 = s : 1$ oder $s = \frac{100}{80} = 1{,}25$ iſt. Will man
Volumeter herſtellen, welches bei Flüſſigkeiten anwendbar iſt,
leichter als Waſſer ſind, ſo bringt man in die Röhre nur ſo
Queckſilber, daß das Inſtrument im reinen Waſſer bis zu ei
ziemlich tief gelegenen Punkte einſinkt. Dieſen Punkt bezeichnet man wieder

*) Lamé, cours de physique. Tome I. p. 134.

100. Hierauf belastet man den oberen Theil des Instrumentes mit einem Gewichte, welches gleich ist dem vierten Theil des Gewichtes des ganzen Instrumentes. Dann sinkt dieses tiefer in Wasser ein; sein gegenwärtiges Gewicht verhält sich zu seinem früheren wie 5 : 4 oder wie 125 : 100. Man bezeichnet also den Punkt, bis zu welchem es jetzt einsinkt, mit 125 und theilt den Abstand beider Punkte in 25 gleiche Theile, welche Eintheilung man dann nach oben noch weiter fortsetzen kann. Statt dessen kann man auch das zweite Mal das Instrument in Weingeist einsenken, dessen specifisches Gewicht $= 0{,}8 = \frac{100}{125}$ ist. Immer ist bei diesem Instrumente vorausgesetzt, daß wenigstens der graduirte Theil von genau cylindrischer Form sei.

Eine andere Scale ist diejenige, welche die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten direct erkennen läßt. Hat man drei verschiedene Flüssigkeiten, deren specifische Gewichte s, s′ und s″ sind, und sind die Volumina dieser Flüssigkeiten, welche gleiches Gewicht haben, v, v′ und v″, so hat man folgende Proportionen:
1) $v : v' = s' : s$, 2) $v : v'' = s'' : s$, 3) $v' : v'' = s'' : s'$, folglich auch:
$v' - v : v' = s - s' : s$ aus 1., $v'' - v : v'' = s - s'' : s$ aus 2. Also
$v' - v = \frac{v'(s-s')}{s}$ und $v'' - v = \frac{v''(s-s'')}{s}$; und hieraus $\frac{v'-v}{v''-v} = \frac{v'(s-s')}{s} : \frac{v''(s-s'')}{s} = \frac{v'(s-s')}{v''(s-s'')}$. Setzt man hierein aus 3. $\frac{s''}{s'}$ für $\frac{v'}{v''}$, so erhält man: I) $\frac{v'-v}{v''-v} = \frac{s''}{s'} \cdot \frac{s-s'}{s-s''}$. Ist nun das specifische Gewicht der ersten Flüssigkeit s und das der dritten s″ bekannt, und bezeichnet man an dem eingesenkten Instrumente die Punkte, bis zu denen es in der ersten und in der dritten Flüssigkeit einsinkt, so ist v″—v der Abstand dieser beiden Punkte auf dem Instrumente. Senkt man das Instrument nunmehr in die zweite Flüssigkeit von dem specifischen Gewichte s′, so sinkt es bis zu einem Punkte ein, welcher um v′—v von dem Punkte absteht, welcher dem zuerst notirten Punkte (in der ersten Flüssigkeit) entspricht. Die Abstände v′ — v und v″ — v verhalten sich aber, wie man aus der sub I abgeleiteten Gleichung ersieht, nicht wie die Unterschiede der specifischen Gewichte s — s′ und s — s″. Daher dürfen die Grade des Abstandes v′—v, wenn sie die specifischen Gewichte angeben sollen, einander nicht gleich sein. Man würde also keine richtige Scale erhalten, wenn man zwei Normalpunkte am Instrumente durch Einsenken desselben in zwei verschiedene Flüssigkeiten von bekanntem specifischen Gewichte bestimmen und hernach den Abstand beider Punkte in gleiche Theile zerlegen, zu den Theilstrichen aber die nach demselben Verhältnisse berechneten specifischen Gewichte schreiben wollte.

Setzt man in die Gleichung I für s′ das specifische Gewicht einer anderen Flüssigkeit s_1, welcher das Volumen v_1 entspricht, so hat man II) $\frac{v_1-v}{v''-v} = \frac{s''}{s_1} \cdot \frac{s-s_1}{s-s''}$. Zieht man nun diese Gleichung von der Gleichung I ab, so erhält man: III) $\frac{v'-v_1}{v''-v} = \frac{s''\, s\, (s_1-s')}{s'\, s_1\, (s-s'')}$. Nimmt man nun $s_1 - s' = \delta$ als denjenigen Unterschied der specifischen Gewichte an, dem die einzelnen Theilstriche der Scale

entsprechen sollen, und setzt diesen Werth von $s_1 - s'$, sowie den Werth von $s_1 = s' + \delta$ in die Gleichung III, so kommt $\frac{v' - v_1}{v' - v} = \frac{s'' \, s \, \delta}{s' \, (s' + \delta) \, (s - s'')}$. Hieraus folgt, daß ein Grad $(v' - v_1)$ desto größer ist, je kleiner s' ist, und desto kleiner, je größer s' d. h. ein solches Aräometer ist empfindlicher für die specifisch leichteren Flüssigkeiten als für die specifisch schwereren.

Die Construction der Aräometer-Scale ist nach dem Gesagten folgende. Nachdem man sich überzeugt hat, daß der Hals des Instrumentes durchweg von derselben Dicke sei, taucht man es nach einander in zwei verschiedene Flüssigkeiten*), deren (möglichst unterschiedene) specifische Gewichte man genau kennt, und notirt an Halse die Punkte, bis zu denen das Aräometer einsinkt. Den Abstand beider Punkte theilt man vorläufig in eine möglichst große Anzahl gleicher Theile, z. B. 100, und berechnet dann nach der Formel I für die eigentliche Scale die Größe $v' - v$, d. h. den Abstand der einzelnen Theilstriche von demjenigen Punkte, welcher der Flüssigkeit mit dem größten specifischen Gewichte entspricht, indem man daß $v'' - v = 100$ nimmt und dem s' der Formel nach einander die Werthe $s - \delta$, $s - 2\delta$, $s - 3\delta$ ꝛc. giebt, wo δ diejenige Differenz im specifischen Gewichte bezeichnet, welche einem Grade der Scale entsprechen soll. So erhält man den Abstand der Scalenstriche vom ersten derselben ausgedrückt in Theilen der vorläufig gemachten gleichmäßigen Theilung und kann demnach die richtige Scale auf den Hals des Instrumentes auftragen**).

Baumgartner***) sagt über die Herstellung der Scale Folgendes. Manche Künstler verrichten die Construction der Scale des Aräometers dadurch, daß sie den Körper des zu verfertigenden Instrumentes in mehrere Flüssigkeiten von bekannter Dichte (specifischem Gewichte) senken und die Einsenkungspunkte als Theilpunkte der neuen Scale betrachten. Allein diese Arbeit führt selten zu einem richtigen Resultate, weil bei der Bestimmung der Dichte der Flüssigkeiten meistens Fehler begangen werden, die nicht übersehen werden dürfen, um so mehr, als diese Bestimmung selbst, wenn die Arbeit nicht übermäßig langwierig ausfallen soll, meistens mit einem Scalenaräometer vorgenommen wird und daher ein richtiges Instrument der Art voraussetzt. Für den rationellen Künstler giebt es zwei Methoden, die Scale zu bestimmen; bei der einen werden alle Hauptpunkte der Scale unmittelbar durch Versuche bestimmt, bei der andern braucht man nur die zwei äußersten Punkte durch den Versuch zu bestimmen, die übrigen findet man durch zweckmäßige Abtheilung ihres Abstandes. Jene ist anwendbar, der Hals des Instrumentes mag man immer für eine Gestalt heben, diese nur für einen (genau) cylindrischen oder prismatischen Hals.

Das Wesen der ersteren Methode rührt von Brisson her und besteht darin, daß man, um einen Theilpunkt der Scale zu finden, das Gewicht des Instruments so abändert, daß es in reinem Wasser bis zu der Stelle einsinkt, wohin es sich ohne Aenderung des Gewichtes in jener Flüssigkeit einsenken würde, welche

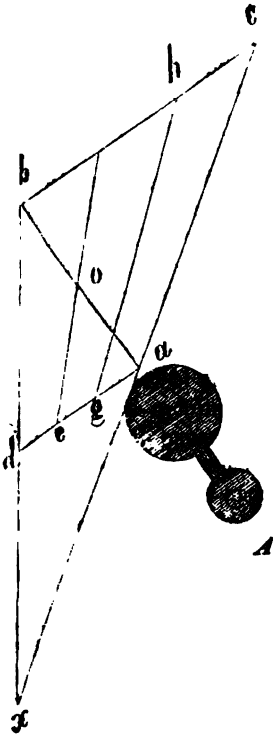
*) Nächst dem reinen Wasser empfiehlt sich hierzu namentlich die concentrirte Schwefelsäure, welche mit Leichtigkeit stets von derselben Dichte erlangt werden kann und ein specifisches Gewicht = 1,85 hat, also fast noch einmal so schwer als Wasser ist.

**) Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Bd. I. S. 469.

***) Baumgartner's Naturlehre. Supplementband S. 79.

diesem Theilstriche entsprechende Dichte hat. Um die hierzu nöthige Gewichtsänderung des Instrumentes zu finden, dient die Formel $p_1 - p = p\,\frac{(\sigma - s)}{s}$, wo p das bleibende Gewicht des Instruments ist, welches wir das Normalgewicht nennen wollen, und p_1 dasjenige, welches das Instrument haben muß, damit es sich im Wasser, dessen Dichte $= \sigma - 1$ ist, ebenso weit einsenke, wie unter dem Normalgewichte in die Flüssigkeit, deren Dichte s heißt. Ist $\sigma < s$, so wird $p_1 - p$ negativ, d. h. das Gewicht des Instrumentes muß vermindert werden. Man kann die Arbeit bedeutend abkürzen, wenn man für die gewöhnlichen Werthe von s vorläufig den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ berechnet und die gefundenen Zahlen in eine Tabelle bringt, wie dieses in der Folge geschehen wird.

Die zweite der oben genannten Methoden wurde von G. G. Schmidt *) angegeben. Um sie deutlich zu machen, sei die nebenstehende Figur ein Aräometer, dessen Hals a b mit einer Scale versehen werden soll, so daß z. B. das Instrument in reinem Wasser von bestimmter Temperatur bis a einsinke. Man suche das Gewicht des Instrumentes p und das Zulegegewicht p_1, welches nothwendig ist, um die Einsenkung bis b zu bewirken. Man errichte hierauf links und rechts auf a b die zwei senkrechten Linien a d und b c, die sich zu einander verhalten, wie p zu $p + p_1$, so daß man hat a d : b c $= p : p + p_1$. Nun theile man sowohl a d als b c in so viele gleiche Theile, als Striche der Scale zwischen a und b fallen sollen, und verbinde zwei so zusammengehörige Theilpunkte durch eine gerade Linie mit einander. Da, wo diese Verbindungslinien a b treffen, bezeichnen sie die Stellen der Scalentheilung, die den um gleiche Differenzen wachsenden Dichten entsprechen. Daß dieses Verfahren richtig sei, zeigt sich durch folgende Betrachtung. Es sei o ein Punkt der Scale, welcher der Dichte s_1 entspricht, während zu den Punkten a und b die Dichten 1 und s gehören. Da sich die specifischen Gewichte umgekehrt verhalten wie die Volumina, so hat man $1 : s = Ab : Aa$, folglich $1 - s : s = Ab - Aa : Aa = ab : Aa$ oder $ab = \frac{Aa\,(1 - s)}{s}$



Ebenso ist $1 : s_1 = Ao : Aa$, folglich

*) Gren's Journ. d. Physik. Bd. III. S. 364.

$1-s_1 : s_1 = Ao - Aa : Aa = ao : Aa$ oder $ao = \frac{Aa\,(1-s_1)}{s_1}$. Mithin: $ob = ab - ao = \frac{Aa\,(1-s)}{s} - \frac{Aa\,(1-s_1)}{s_1} = \frac{Aa\,(s_1-s)}{s\,s_1}$. Folglich $ao : ob = 1 - s_1 : \frac{s_1-s}{s}$. Sucht man nach der vorhergehenden Construction den Punkt s_1, so findet man ihn dadurch, daß man $ad : bc = s : 1$, d. h. $bc = \frac{ad}{s}$ macht, ad sowohl als bc in 1—s gleiche Theile theilt, und in ersterer Linie e, in letzterer f so nimmt, daß $ae = ad.\frac{1-s_1}{1-s}$ und $bf = bc.\frac{s-s_1}{1-s} = \frac{ad}{s}.\frac{s-s_1}{1-s}$ wird. Es ist also auch hier wegen $ae : bf = ao : ob$ das Verhältniß der letzteren Größen wie oben.

Die Brisson'sche Methode ist zwar allgemein anwendbar, fordert aber viel Arbeit. Man verringert diese bedeutend, ohne der Richtigkeit des Resultates zu nahe zu treten, wenn man nur so viel Scalenpunkte nach der Brisson'schen Methode bestimmt, als nöthig sind, um die zwischen je zweien derselben liegenden Halsstücke als cylindrisch ansehen zu können, und die weitere Abtheilung der Scale nach Schmidt ausführt. Wie man sowohl diese als auch die sonst noch bei der Einrichtung eines Scalenaräometers nothwendigen Arbeiten zu verrichten hat, soll kurz angegeben werden.

Wenn man den Aräometerkörper gewählt hat, belastet man ihn im untern Theile mit Quecksilber oder Bleischrot, bis er sich soweit in Wasser einsenkt, daß der Einsenkungspunkt der unterste Punkt der Scale werden kann, und merkt sein Gewicht an. Hierauf vermehrt man sein Gewicht, bis er nur etwa $^1/_2$ Zoll aus dem Wasser herausragt, und notirt sein Gesammtgewicht wieder. Das Verhältniß dieser zwei Gewichte giebt bekanntlich das der Dichten, welche den zwei äußersten Scalenpunkten entsprechen. Hierauf zeichnet man auf feines Papier eine beliebig eingetheilte und bezifferte Scale, rollt sie zusammen und schiebt sie in den Hals des Aräometers, damit sie einstweilen den Dienst der eigentlichen Scale leiste und die Einsenkungspunkte bei der eigentlichen Scalenbestimmung leicht erkannt werden können, wenn man das Instrument aus dem Wasser genommen hat, und giebt dem Instrumente genau das Normalgewicht. Bevor man weiter geht, ist es nothwendig, die zur Bestimmung der Scalenpunkte nach Brisson nöthigen Gewichte, der Formel $p_1 - p = p\left(\frac{\sigma-s}{s}\right)$ gemäß, vorläufig zu berechnen. Es ist genug, wenn man s stets um 0,1 wachsen läßt und die Zwischenpunkte der Schmidt'schen Methode überläßt. Zur Erleichterung der Rechnung braucht man mit Vortheil folgende Tafel, welche den Bruch $\frac{\sigma-s}{s}$ oder wegen $\sigma = 1$ den Werth $\frac{1-s}{s}$ ein für allemal angiebt.

s	$\frac{1-s}{s}$	s	$\frac{1-s}{s}$
0,700	+ 0,42857	1,400	— 0,28571
0,800	+ 0,25000	1,500	— 0,33333
0,900	+ 0,11111	1,600	— 0,37500
1,000	0,00000	1,700	— 0,41176
1,100	— 0,09091	1,800	— 0,44444
1,200	— 0,16667	1,900	— 0,47368
1,300	— 0,23077	2,000	— 0,50000

Wird nun das Normalgewicht p mit jedem dieser Brüche multiplicirt, so erhält man das Gewicht, welches zugesetzt oder weggenommen werden muß, um die Scalenpunkte zu finden, welche den obigen Werthen von s entsprechen, soweit diese in die Scale fallen.

Zur weitern Ausführung wird das Aräometer an eine Wage so befestiget, daß dessen Hals vertical steht, bis zu dem Punkte, der dem specifischen Gewichte des reinen Wassers entspricht, bei 14° Reaumur in dasselbe getaucht, und an der Wage ins Gleichgewicht gestellt. Ist dieses geschehen, so giebt man das Gewicht, welches nach obiger Formel zur weitern Bestimmung der Scale nothwendig ist, entweder auf die Wagschale der Seite, wo das Aräometer hängt, oder auf die andere, je nachdem s kleiner oder größer als 1 ist, senkt oder hebt die Wage, bis ihre Zunge gehörig einspielt, und notirt sich, bis zu welchem Punkte der Hülfsscale die Einsenkung erfolgt, und verfährt so für alle zu bestimmenden Punkte. Ist diese Arbeit vollendet, so schreitet man zur weiteren Abtheilung der Scale nach Schmidt. Zu diesem Ende überträgt man die Länge der ganzen Scale auf ein aufgespanntes Zeichenpapier und errichtet die den Linien a d und b c entsprechenden Senkrechten, setzt c a x, b d x und durch jeden bereits schon bestimmten Punkt e, g der Scale zieht durch x eine Gerade e f, g h, theilt hierauf die Linien a g, g e ꝛc. und b f, f c ꝛc. in so viele gleiche Theile, als neue Scalenpunkte zwischen zwei schon bestimmte fallen sollen, verbindet die zusammengehörigen Punkte der Linien a d und b c durch Gerade und findet so die weiteren Punkte der Scale. Nun braucht man daher nur noch die Scale auszuzeichnen, zu beziffern, abzuschneiden, der bisher gebrauchten an Gewicht gleich zu machen, zusammenzurollen, in den Hals des Instruments zu stecken, sie so zu stellen, daß der Einsenkungspunkt in reinem Wasser mit dem an der Scale bezeichneten zusammenfalle, die Scale mit einem Siegellackkörnchen an das Glas zu befestigen und den Apparat zuzuschmelzen.

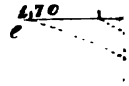
Ich theile noch die praktische Anweisung mit, welche nach der eben erwähnten Methode Karmarsch *) zur Herstellung der Scale gegeben hat. Gesetzt, man habe das Aräometer dergestalt construirt, daß es in destillirtem Wasser bis nahe an das obere und in einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte 1,500 bis nahe an das untere Ende des Halses eintaucht, um mittelst desselben alle zwischen diesen Grenzen liegenden specifischen Gewichte erforschen zu können. Die zwei solchergestalt festgesetzten äußersten Punkte werden auf dem Halse angezeigt, um später

*) Prechtl, Technologische Encyclopädie. Bd. I. S. 325.

darnach die Scale richtig zu befeſtigen. Man trägt nun auf eine gerade Linie a
(ſ. d. nebenſtehende Fig. A) die Länge c d der Scale auf, zieht rechtwinklig durch c und
die Linien e f, g h, und ſchneidet von e f aus c ein beliebiges Stück c k ab, welche
in ſo viele gleiche Theile eingetheilt wird, als die Scale Grade oder Abtheilunge
erhalten ſoll. In der Zeichnung iſt zur Erleichterung angenommen, daß die ſpeci
fiſchen Gewichte nur von 0,05 zu 0,05 aufgetragen werden ſollen, und daher c
nur in 10 Theile getheilt. Auf der Linie g h wird von dem Punkte d aus, un
zwar nach der k entgegengeſetzten Seite, ebenfalls ein Stück d i abgeſchnitten, de
ſen Länge aber nicht willkürlich iſt, ſondern ſich zur Länge von c k ſo verhält, w
das kleinſte ſpecifiſche Gewicht der Scale zu dem größten, im angenommenen Be
ſpiele alſo wie 1,000 : 1,500 oder 2 : 3. Dieſes Stück d i theilt man in eben
viele gleiche Theile als c k, und verbindet die Theilungspunkte beider Linien a
die in der Zeichnung angegebene Weiſe miteinander. Die Durchſchnitte der ſchr
gen Linien mit c d geben die Theilungspunkte der Scale, welchen in der Figur d
zugehörigen ſpecifiſchen Gewichte beigeſchrieben ſind. Trägt man auf e f und g
rechts von c und i, links von k und d, noch mehrere der erwähnten gleichen The
auf, und zieht man durch dieſe Punkte die in der Figur zum Unterſchiede punktirt
Linien, bis dieſelben a b ſchneiden; ſo erhält man auf letzterer Linie auch die Th
lungspunkte der Scale für beliebige größere und kleinere ſpecifiſche Gewichte, wel
man, wenn Platz vorhanden iſt, noch auf die Scale auftragen kann. In jed
Falle iſt es nur einmal nöthig, eine Scale nach der beſchriebenen Methode zu zei
nen; denn da das Verhältniß der gleiche Unterſchiede des ſpecifiſchen Gewich
ausdrückenden Theile ſtets unverändert bleibt und nur ihre abſolute Größe n
der zu Gebote ſtehenden Länge des Aräometerhalſes variirt, ſo läßt ſich die
hinreichend großem Maßſtabe entworfene, ſämmtliche bei Flüſſigkeiten vorkomm
den ſpecifiſchen Gewichte enthaltende Scale auf folgende Weiſe zur Graduir
aller Aräometer anwenden. Man trägt die gefundene Eintheilung auf eine Li
l m (ſ. d. nebenſt. Fig. B), zieht aus allen Theilungspunkten gerade Linien nach einem
willkürlicher (aber nicht zu kleiner) Entfernung angenommenen Punkte n, und
l m eine Menge Parallelen, wie o p, q r, s t, u v, w x. Iſt nun die Länge ei
Aräometerſcale nebſt dem größten und kleinſten ſpecifiſchen Gewichte derſelben
geben, ſo ſucht man letztere beide auf der Linie l m, bemerkt die zwei dazu geh
gen, nach n hinlaufenden Linien, und ſucht nun unter den Parallelen o p, q
diejenige, welche zwiſchen den erwähnten beiden Linien genau die vorgeſchrie
Länge hat; von dieſer überträgt man die Eintheilung ſogleich auf die Scale.

Die Anfertigung einer Scale mit ungleichen, durch Beobachtung, Rechn
und geometriſche Conſtruction zu beſtimmenden Abſtänden der Theilſtriche
aber ſtets ſehr unſicher ſein. Daher dürfte es im Allgemeinen vorzuziehen
um möglichſt zuverläſſige Inſtrumente zu erhalten, die Scalenaräometer mit g
cylindriſchem Halſe und mit Scalen von gleichen Theilen herzuſtellen, dan
aber für ſolche Inſtrumente Tabellen zu berechnen, in welchen die willkürli
Grade der gewählten Scale mit den ihnen entſprechenden ſpecifiſchen Gewichte
ſammengeſtellt ſind.

Die Handhabung des Aräometers iſt an ſich einfach und leicht.
muß das Inſtrument langſam und vorſichtig in die Flüſſigkeit eintauchen, d
daſſelbe nicht, wenn man es fallen läßt oder hinunterſtößt, über denjenigen P
hinaus benetzt werde, bis zu welchem es ſeinem Gewichte und der Dichte der


4,70

darnach die Scale richtig zu befeſtigen. Man trägt nun auf eine gerade Linie (ſ. d. nebenſtehende Fig. A) die Länge c d der Scale auf, zieht rechtwinklig durch c und die Linien e f, g h, und ſchneidet von e f aus c ein beliebiges Stück c k ab, welches in ſo viele gleiche Theile eingetheilt wird, als die Scale Grade oder Abtheilungen erhalten ſoll. In der Zeichnung iſt zur Erleichterung angenommen, daß die ſpecifiſchen Gewichte nur von 0,05 zu 0,05 aufgetragen werden ſollen, und daher nur in 10 Theile getheilt. Auf der Linie g h wird von dem Punkte d aus, zwar nach der k entgegengeſetzten Seite, ebenfalls ein Stück d i abgeſchnitten, deſſen Länge aber nicht willkürlich iſt, ſondern ſich zur Länge von c k ſo verhält, wie das kleinſte ſpecifiſche Gewicht der Scale zu dem größten, im angenommenen Beiſpiele alſo wie 1,000 : 1,500 oder 2 : 3. Dieſes Stück d i theilt man in ebenſo viele gleiche Theile als c k, und verbindet die Theilungspunkte beider Linien auf die in der Zeichnung angegebene Weiſe miteinander. Die Durchſchnitte der ſchiefen Linien mit c d geben die Theilungspunkte der Scale, welchen in der Figur die zugehörigen ſpecifiſchen Gewichte beigeſchrieben ſind. Trägt man auf e f und g h rechts von c und i, links von k und d, noch mehrere der erwähnten gleichen Theile auf, und zieht man durch dieſe Punkte die in der Figur zum Unterſchiede punktirten Linien, bis dieſelben a b ſchneiden; ſo erhält man auf letzterer Linie auch die Theilungspunkte der Scale für beliebige größere und kleinere ſpecifiſche Gewichte, welche man, wenn Platz vorhanden iſt, noch auf die Scale auftragen kann. In jedem Falle iſt es nur einmal nöthig, eine Scale nach der beſchriebenen Methode zu zeichnen; denn da das Verhältniß der gleiche Unterſchiede des ſpecifiſchen Gewichtes ausdrückenden Theile ſtets unverändert bleibt und nur ihre abſolute Größe von der zu Gebote ſtehenden Länge des Aräometerhalſes variirt, ſo läßt ſich die hinreichend großem Maßſtabe entworfene, ſämmtliche bei Flüſſigkeiten vorkommenden ſpecifiſchen Gewichte enthaltende Scale auf folgende Weiſe zur Graduirung aller Aräometer anwenden. Man trägt die gefundene Eintheilung auf eine l m (ſ. d. nebenſt. Fig. B), zieht aus allen Theilungspunkten gerade Linien nach einem willkürlicher (aber nicht zu kleiner) Entfernung angenommenen Punkte n, und l m eine Menge Parallelen, wie o p, q r, s t, u v, w x. Iſt nun die Länge der Aräometerſcale nebſt dem größten und kleinſten ſpecifiſchen Gewichte derſelben gegeben, ſo ſucht man letztere beide auf der Linie l m, bemerkt die zwei dazu gehörigen, nach n hinlaufenden Linien, und ſucht nun unter den Parallelen o p, etc. diejenige, welche zwiſchen den erwähnten beiden Linien genau die vorgeſchriebene Länge hat; von dieſer überträgt man die Eintheilung ſogleich auf die Scale.

Die Anfertigung einer Scale mit ungleichen, durch Beobachtung, Rechnung und geometriſche Conſtruction zu beſtimmenden Abſtänden der Theilſtriche wird aber ſtets ſehr unſicher ſein. Daher dürfte es im Allgemeinen vorzuziehen ſein, um möglichſt zuverläſſige Inſtrumente zu erhalten, die Scalenaräometer mit cylindriſchem Halſe und mit Scalen von gleichen Theilen herzuſtellen, dagegen aber für ſolche Inſtrumente Tabellen zu berechnen, in welchen die willkürlichen Grade der gewählten Scale mit den ihnen entſprechenden ſpecifiſchen Gewichten zuſammengeſtellt ſind.

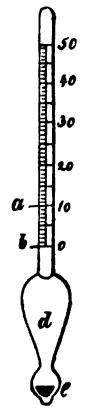
Die Handhabung des Aräometers iſt an ſich einfach und leicht. Man muß das Inſtrument langſam und vorſichtig in die Flüſſigkeit eintauchen, daſſelbe nicht, wenn man es fallen läßt oder hinunterſtößt, über denjenigen Punkt hinaus benetzt werde, bis zu welchem es ſeinem Gewichte und der Dichte der

keit gemäß einsinken muß. Denn wenn sich Flüssigkeit über diesem Punkte anhängt, so wirkt diese wie ein aufgelegtes Gewicht, d. h. sie drückt das Instrument in der Flüssigkeit herab und macht also dessen Angaben unrichtig. Hat aus Versehen eine solche Benetzung stattgefunden, so muß man den Hals des Aräometers vorsichtig abwischen, ehe man weiter mit ihm operirt. Wenn man ein Aräometer in eine Flüssigkeit einsenkt, so steigt diese gewöhnlich in Folge der Adhäsion rings um den Hals des Instrumentes empor. Dies kann, wenn man das Auge über dem Niveau hält, zu einer falschen Bestimmung des Punktes, bis zu welchem das Aräometer eingesunken, zu einer falschen Ablesung an der Scale Veranlassung geben. Um diesen Fehler zu vermeiden, muß man das Auge unter dem Niveau der Flüssigkeit auf die Scale richten und es dann so weit heben, daß der untere Spiegel der Flüssigkeit eben verschwindet.

Ein Scalenaräometer, welches zur Bestimmung der specifischen Gewichte aller bekannten Flüssigkeiten von der dichtesten bis zur dünnsten brauchbar sein sollte, müßte einen unförmlich langen Hals haben, würde also schwierig zu handhaben und sehr zerbrechlich sein und überdies eine sehr große Quantität Flüssigkeit zur Anstellung der Beobachtungen erfordern. Auch würde es schwer halten, einen so langen Hals von durchweg gleichförmiger cylindrischer Form herzustellen. Daher pflegen alle Scalenaräometer immer nur für gewisse Reihen von Flüssigkeiten innerhalb gewisser Grenzen des specifischen Gewichtes angefertigt zu werden. Man hat dann entweder mehrere Aräometer von verschiedenem Gewicht, bei denen der höchste Punkt der Scale des einen dem niedrigsten Punkte der Scale des nächstfolgenden entspricht, oder man hat ein einziges Aräometer mit verschieden schweren, unten aufschraubbaren Gewichten (massiv von Messing oder auch hohle, zum Theil mit Quecksilber oder Schrot gefüllte Kugeln), welche das Instrument für dichtere und dünnere Flüssigkeiten brauchbar machen.

Die Zahl der vorgeschlagenen und in Gebrauch gekommenen Scalen-Aräometer ist sehr groß, ohne daß sie im Wesentlichen sehr von einander abweichen. Ich werde daher nur diejenigen Instrumente noch besonders anführen, welche sich durch besondere Eigenthümlichkeiten auszeichnen oder darum, weil sie sehr verbreitet sind, genauer gekannt sein müssen, um beurtheilen zu können, welche Bedeutung und Zuverlässigkeit die nach ihnen gegebenen Bestimmungen haben.

Unter den allgemeinen Scalenaräometern (zu denen auch das auf S. 289 beschriebene von Richter und Meißner gehört) mit willkürlicher (gleichtheiliger) Scale, zu denen auch das oben S. 290 beschriebene Instrument von Gay-Lussac gehört, ist eines der verbreitetsten das von Beaumé. Man bedient sich desselben zur Bezeichnung der Stärke des Weingeistes, der Säuren, der Salzauflösungen u. dergl. Um die Scale für die dichteren Flüssigkeiten werden drei Theile Kochsalz in siebenzehn Theilen Wasser aufgelöst. In diese Auflösung senkt man das Instrument ein, bemerkt am Halse desselben den Punkt b, bis zu welchem es einsinkt, und bezeichnet denselben mit der Zahl 15. Dann bringt man das Instrument in destillirtes Wasser, bemerkt abermals den Punkt a, bis zu welchem es einsinkt, und bezeichnet ihn mit 0. Den Fundamentalstand a b der beiden auf diese Art willkürlich bestimmten Normalpunkte a und b theilt man hierauf in 15 gleiche Theile und trägt dann gleiche Theile (gewöhnlich



im Ganzen bis zu 70) weiter an der Scale über b hinaus auf. B dem Aräometer für dünnere Flüssigkeiten erhält der Punkt a, bis welchem das Instrument in Wasser einsinkt, die Bezeichnung 10; zweiter Punkt b, den man mit 0 bezeichnet, wird durch eine Auflösu von 1 Theil Kochsalz in 9 Theilen Wasser bestimmt. Der Raum wird in 10 gleiche Theile getheilt und solche Grade werden in belie ger Anzahl auf die übrige Länge der Scale aufgetragen.

Es ist ein Mangel der Beaumé'schen Aräometer, daß für Einsenkungspunkt im Wasser einmal der zehnte Grad und ein Null angesetzt wurde. Uebrigens können diese Instrumente, obgl sie nicht das Verhältniß der specifischen Gewichte durch ihre Graduir anzeigen, doch mit gutem Erfolge zur Vergleichung von Flüssigke gebraucht werden, wenn sie gehörig mit einander übereinstimm Diese Uebereinstimmung wird nur erreicht, wenn das zur Graduir angewendete Kochsalz stets gleich rein ist, wenn die Bestimmung beiden Fundamentalpunkte a und b immer bei der nämlichen Temperatur gesc (denn das Wasser sowohl als die Salzauflösung haben bei warmer Luft ein neres specifisches Gewicht als bei kalter) und wenn endlich der Hals der In mente vollkommen cylindrisch ist. — Von diesen drei Umständen wird in Regel nur auf den zweiten, nämlich auf die Temperatur, Rücksicht genomm Grund genug, die oft ziemlich unvollkommene Uebereinstimmung zwischen den Beaumé's Grundsätzen verfertigten Aräometern erklärlich zu finden. Bea bestimmte die Fundamentalpunkte seiner Scalen bei einer Wärme von 11° R., wählt man dazu häufig die Temperatur von 14° R. Die Bestimmung der mittelst zweier einander so nahe liegender Punkte ist übrigens von schädlichem fluße auf die Genauigkeit; denn ein hier begangener Fehler wiederholt sich weitern Auftragen der Grade und wird am Ende der Scale sehr merklich. darum besser, neu zu verfertigende Aräometer nach einem guten Muster zu gr ren, indem man beide mit einander in zwei Flüssigkeiten von verschiedenem fischen Gewichte stellt, die zwei Einsenkungspunkte auf dem ungraduirten In mente bemerkt und den Zwischenraum in so viele Grade eintheilt, als er an Muster-Aräometer enthält*).

Die Scale von Cartier's Aräometer, welches in Frankreich zur Pr des Branntweins und Weingeistes angewendet wird, ist aus der Beaumé durch eine unnöthige und nutzlose Veränderung entstanden. Auf Cart Scale stimmt nämlich der 22. Grad mit dem 22. von Beaumé's Aräomet leichte Flüssigkeiten überein; von diesem Punkte aus sowohl auf- als abwä der Raum, welchen 16 Beaumé'sche Grade einnehmen, in 15 Theile ge 15 Grade nach Cartier sind also 16 Graden nach Beaumé gleich u Wasserpunkt fällt auf $10^3/_4$ Gr. Cartier. Auf den Cartier'schen Ar tern sind in der Regel die Grade nur von 14 an aufwärts aufgetragen, w tiefer liegenden nie gebraucht werden und das Instrument nur zwecklos verl würden.

Zwei Fehler der Beaumé'schen Aräometer, nämlich die Bestimmu Fundamental-Punkte durch die unsichere Anwendung einer Flüssigkeit, deren

*) Karmarsch, in Prechtl's Encycl. Bd. I. S. 329.

Gewicht nicht festgesetzt ist, und die ungleiche Bezeichnung des Wasserpunktes, einmal mit 0, ein anderes Mal mit 10, sind bei den von Beck (in Bern) nach Benecke's Vorschlag verfertigten Aräometern beseitigt. Der Einsenkungspunkt in destillirtem Wasser bei + 10° R. heißt hier unveränderlich 0; ein zweiter Punkt, bis zu welchem das Instrument in eine Flüssigkeit eintaucht, deren specif. Gewicht = 0,850 ist, wird mit 30 bezeichnet. Diese beiden Punkte können zu jeder Zeit mit größter Schärfe bestimmt werden und machen daher die vollkommene Uebereinstimmung selbst bei solchen Aräometern möglich, welche an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten und sogar ohne ein Muster-Instrument verfertigt worden sind. Man theilt den Raum zwischen den erwähnten zwei Punkten in 30 gleiche Theile und trägt oben noch 40 dergleichen, unter 0 aber 80 auf, so daß 70 Grade für Flüssigkeiten, welche specifisch leichter sind als Wasser, und 80 Grade für schwerere Flüssigkeiten die ganze Scale bilden. In der Ausübung wird diese in zwei Theile getrennt und auf abgesonderte Aräometer übertragen. Das Aräometer für leichte Flüssigkeiten hat den Nullpunkt gleich über der Kugel und die 70 Grade werden aufwärts gezählt; bei jenem für schwere Flüssigkeiten steht 0 oben am Halse und 80 zunächst der Kugel.

Durch die Pharmacopoea batava ist ein Aräometer, das holländische genannt, eingeführt worden, welches seinen Nullpunkt bei dem specifischen Gewichte = 1,000, d. h. dem des Wassers bei + 10° R. hat, und dessen 10ter Grad dem specifischen Gewichte einer Lösung von 1 Th. Kochsalz in 9 Th. Wasser entspricht. Nach diesem in 10 Theile getheilten Fundamentalabstand sind die gleich großen Grade über und unter 0 auf der Scale aufgetragen.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der den Graden dieser Instrumente entsprechenden Bestimmungen des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten, in welche sie eingesenkt worden. Am häufigsten ist das Beaumé'sche Aräometer als das verbreitetste zum Gegenstande der Untersuchung gemacht worden. Durch Versuche hat man die Werthe der Grade bestimmt. Dies ist namentlich geschehen von Delezennes*), Francoeur**), Bohnenberger***) und Klein†). Die Abweichungen dieser (in der Tabelle enthaltenen) Bestimmungen kommen theils auf Rechnung der bei der Prüfung zu Grunde gelegten einzelnen Aräometer, theils auf Rechnung der unvermeidlichen kleinen Beobachtungsfehler. Zur Ableitung der specifischen Gewichte (s') aus den Graden (Differenz der eingetauchten Volumina, v'—v) mittelst Rechnung giebt Francoeur folgende Gleichungen an. Für die schweren Flüssigkeiten (das erste Instrument) $s' = \frac{152}{152 - (v'-v)}$; für die leichten Flüssigkeiten (das zweite Instrument) $s' = \frac{146}{146 + (v'-v)}$. Dagegen nimmt Bohnenberger bei dem Instrumente für schwerere Flüssigkeiten, dessen er sich zur Bestimmung der in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Angaben bediente, $s' = \frac{155{,}36}{155{,}36 - (v'-v)}$; und bei einem anderen Beaumé'schen Instrumente

*) Journ. de phys. T. XCIV. p. 204.
**) Dictionn. technol. art. Aréomètre.
***) Tübing. Blätter. Bd. II. S. 457.
†) Ann. de chim. T. XXIII. p. 185.

war zwiſchen 0° und 40° $s' = \frac{143{,}45}{143{,}45 - (v'-v)}$ und zwiſchen 40° und 85°

$s' = \frac{165{,}06}{165{,}06 - (v'-v)}$. Aus dieſen verſchiedenen, auf die Beobachtungen ſich ſtützenden Beſtimmungen ſieht man, wie wenig die einzelnen Beaumé'ſchen Aräometer mit einander übereinſtimmen, ſo daß in den mit ihnen gemachten Beſtimmungen des ſpecifiſchen Gewichtes ſchon die zweite Decimalſtelle nicht mehr zuverläſſig iſt. — Francoeur hat auch zu den Graden des Cartier'ſchen Aräometers die ſpecifiſchen Gewichte beſtimmt. Dieſelben entſprechen der Gleichung $s' = \frac{136{,}8}{126{,}1 + (v'-v)}$. Die Grade des Beaumé'ſchen Inſtrumentes (B) laſſen ſich auf die des Cartier'ſchen nach Francoeur zurückführen durch die Gleichung $B = \frac{16\,C - 22}{15}$. Auch Marozeau hat durch Verſuche (bei 12°,5 C.) für die Cartier'ſchen Grade die ſpecifiſchen Gewichte beſtimmt. — Den Inſtrumenten von Beck iſt eine Tafel beigegeben, in welcher die ſpecifiſchen Gewichte aus den Graden abgeleitet ſind nach der Formel $s' = \frac{1000.\,850.\,30}{850.\,30 + 150\,(v'-v)}$ $\frac{1000.\,170}{170 + (v'-v)}$. In der folgenden Zuſammenſtellung iſt dieſe Tafel aufgenommen, ſo jedoch, daß 1 ſtatt 1000 geſetzt iſt.

Dieſe Zuſammenſtellung enthält in der erſten Columne die Angaben der Grade, welche ſich auf alle angeführten Inſtrumente nach Beaumé, Cartier, Beck und nach der Pharmacopoea batava beziehen; die folgenden Columnen enthalten die ſpecifiſchen Gewichte, welche bei den Inſtrumenten, auf welche ſich die eben erwähnten Unterſuchungen bezogen, den nebenſtehenden Gradbeſtimmungen entſprachen.

Aräometer für Flüſſigkeiten, welche ſchwerer als Waſſer ſind.

Grade	Beaumé's Aräometer nach				Holländiſches Aräometer	Beck's Aräometer
	Delezennes bei +10°R.	Francoeur bei +10°R.	Bohnenberger bei +11°,5R.	Gilpin bei +16°R.	bei +16° R.	bei +16
0	1,0000	1,0000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	1,0072	1,0066	1,007		1,007	1,006
2	1,0145	1,0133	1,013		1,014	1,011
3	1,0219	1,0201	1,020	1,020	1,022	1,018
4	1,0294	1,0270	1,027		1,029	1,024
5	1,0370	1,0340	1,033		1,036	1,030
6	1,0446	1,0411	1,040	1,040	1,044	1,036
7	1,0526	1,0483	1,047		1,052	1,042
8	1,0606	1,0556	1,055		1,060	1,049
9	1,0687	1,0630	1,062	1,064	1,067	1,055
10	1,0769	1,0704	1,069		1,075	1,062
11	1,0853	1,0780	1,077		1,083	1,068
12	1,0937	1,0857	1,084	1,089	1,091	1,075

Grade	Beaumé's Aräometer nach				Holländisches Aräometer	Beck's Aräometer
	Delezennes bei +10° R.	Francoeur bei +10° R.	Bohnenberger bei +11°,5 R.	Gilpin bei +10° R.	bei + 10° R.	bei + 10° R.
13	1,1023	1,0935	1,092		1,100	1,0828
14	1,1112	1,1014	1,099		1,106	1,0897
15	1,1200	1,1095	1,107	1,114	1,116	1,0968
16	1,1290	1,1176	1,115		1,125	1,1039
17	1,1382	1,1259	1,123		1,134	1,1111
18	1,1475	1,1343	1,132	1,140	1,143	1,1184
19	1,1570	1,1428	1,140		1,152	1,1258
20	1,1666	1,1515	1,148		1,161	1,1333
21	1,1764	1,1603	1,157	1,170	1,171	1,1409
22	1,1864	1,1692	1,166		1,180	1,1486
23	1,1965	1,1783	1,174		1,190	1,1565
24	1,2068	1,1875	1,183	1,200	1,199	1,1644
25	1,2173	1,1968	1,192		1,210	1,1724
26	1,2280	1,2063	1,201		1,221	1,1860
27	1,2389	1,2160	1,211	1,230	1,231	1,1888
28	1,2499	1,2258	1,220		1,242	1,1972
29	1,2612	1,2358	1,230		1,252	1,2057
30	1,2727	1,2459	1,239	1,261	1,261	1,2143
31	1,2844	1,2562	1,249		1,275	1,2230
32	1,2962	1,2667	1,260		1,286	1,2319
33	1,3083	1,2773	1,270	1,295	1,289	1,2409
34	1,3207	1,2881	1,281		1,309	1,2500
35	1,3333	1,2992	1,291		1,321	1,2593
36	1,3461	1,3103	1,302	1,333	1,334	1,2687
37	1,3592	1,3217	1,313		1,346	1,2782
38	1,3725	1,3333	1,325		1,359	1,2879
39	1,3861	1,3455	1,336	1,373	1,372	1,2977
40	1,3999	1,3571	1,347		1,384	1,3077
41	1,4141	1,3694	1,359		1,398	1,3178
42	1,4286	1,3818	1,371	1,414	1,412	1,3281
43	1,4433	1,3945	1,384		1,426	1,3386
44	1,4583	1,4074	1,396		1,440	1,3492
45	1,4736	1,4206	1,408	1,455	1,454	1,3600
46	1,4893	1,4339			1,470	1,3710
47	1,5053	1,4476			1,485	1,3821
48	1,5217	1,4615		1,500	1,501	1,3934
49	1,5384	1,4758			1,516	1,4050
50	1,5555	1,4902			1,532	1,4167
51	1,5730	1,4951		1,547	1,549	1,4286
52	1,5909	1,5200			1,566	1,4407
53	1,6092	1,5353			1,583	1,4530
54	1,6279	1,5510		1,594	1,601	1,4655
55	1,6471	1,5671			1,618	1,4783
56	1,6667	1,5833			1,637	1,4912
57	1,6868	1,6000		1,639	1,656	1,5044
58	1,7074	1,6170			1,676	1,5179
59	1,7286	1,6344			1,695	1,5315
60	1,7501	1,6522		1,717	1,714	1,5454
61	1,7722	1,6705			1,736	1,5596
62	1,7950	1,6889			1,758	1,5741
63	1,8182	1,7079		1,779	1,779	1,5888
64	1,8421	1,7273			1,801	1,6038

Grade	Beaumé's Aräometer nach				Holländiſches Aräometer	Beck's Aräometer
	Delezennes bei +10° R.	Francoeur bei +10° R.	Bohnenberger bei +11°,5 R	Gilpin bei +10° R.	bei + 10° R.	bei + 10° R.
65	1,8669	1,7471			1,823	1,6190
66	1,8922	1,7674		1,848	1,847	1,6346
67	1,9180	1,7882			1,872	1,6505
68	1,9447	1,8095			1,897	1,6667
69	1,9721	1,8313		1,920	1,921	1,6832
70	2,0003	1,8537			1,946	1,7000
71		1,8765			1,974	1,7172
72		1,9000		2,000	2,002	1,7347
73		1,9241			2,031	1,7526
74		1,9487			2,059	1,7708
75		1,9740			2,087	1,7895
76		2,0000				1,8085

Aräometer für Flüſſigkeiten, welche leichter als Waſſer ſind.

Grade	Beaumé's Aräometer nach		Cartier's Aräometer nach			Beck's Aräometer
	Delezennes bei 10° R.	Francoeur bei 10° R.	Delezennes bei 10° R.	Francoeur bei 10° R.	Marozeau bei 10° R.	bei 10° R.
0						1,0000
1						0,9941
2						0,9883
3						0,9826
4						0,9770
5						0,9714
6						0,9659
7						0,9604
8						0,9550
9						0,9497
10	1,0000	1,0000			1,000	0,9444
11	0,9929	0,9932	1,0000		0,992	0,9392
12	0,9859	0,9865	0,9922		0,985	0,9340
13	0,9790	0,9799	0,9846		0,977	0,9289
14	0,9722	0,9733	0,9771	0,9764	0,970	0,9239
15	0,9655	0,9669	0,9697	0,9695	0,963	0,9189
16	0,9589	0,9605	0,9624	0,9627	0,956	0,9139
17	0,9524	0,9542	0,9552	0,9560	0,949	0,9090
18	0,9460	0,9480	0,9481	0,9493	0,942	0,9042
19	0,9396	0,9420	0,9412	0,9427	0,935	0,8994
20	0,9333	0,9359	0,9343	0,9363	0,929	0,8947
21	0,9272	0,9300	0,9275	0,9299	0,922	0,8900
22	0,9211	0,9241	0,9208	0,9237	0,916	0,8854
23	0,9151	0,9183	0,9143	0,9175	0,909	0,8808
24	0,9091	0,9125	0,9078	0,9114	0,903	0,8762
25	0,9033	0,9068	0,9014	0,9054	0,897	0,8717
26	0,8975	0,9012	0,8951	0,8994	0,891	0,8673
27	0,8918	0,8957	0,8889	0,8935	0,885	0,8629
28	0,8861	0,8902	0,8827	0,8877	0,879	0,8585
29	0,8806	0,8848	0,8767	0,8820	0,872	0,8542

Grade	Beaumé's Aräometer nach		Cartier's Aräometer nach			Beck's Aräometer
	Delezennes bei 10° R.	Francoeur bei 10° R.	Delezennes bei 10° R.	Francoeur bei 10° R.	Marozeau bei 10° R.	bei 10° R.
30	0,8751	0,8795	0,8707	0,8763	0,867	0,8500
31	0,8696	0,8742	0,8649	0,8707	0,862	0,8457
32	0,8643	0,8690	0,8590	0,8652	0,856	0,8415
33	0,8590	0,8639	0,8533	0,8598	0,851	0,8374
34	0,8537	0,8588	0,8477	0,8545	0,845	0,8333
35	0,8486	0,8538	0,8421	0,8491	0,840	0,8292
36	0,8435	0,8488	0,8366	0,8439	0,835	0,8252
37	0,8384	0,8439	0,8312	0,8387	0,830	0,8212
38	0,8334	0,8391	0,8258	0,8336	0,825	0,8173
39	0,8285	0,8343	0,8205	0,8286	0,819	0,8133
40	0,8236	0,8295	0,8153		0,814	0,8095
41	0,8188	0,8249	0,8101		0,809	0,8061
42	0,8141	0,8202	0,8050		0,804	0,8018
43	0,8094	0,8156	0,8000		0,799	0,7981
44	0,8017	0,8111			0,794	0,7944
45	0,8001	0,8066				0,7907
46	0,7956	0,8022				0,7871
47	0,7911	0,7978				0,7834
48	0,7866	0,7935				0,7799
49	0,7823	0,7892				0,7763
50	0,7779	0,7849				0,7727
51		0,7807				0,7692
52		0,7766				0,7658
53		0,7725				0,7623
54		0,7684				0,7589
55		0,7643				0,7556
56		0,7604				0,7522
57		0,7565				0,7489
58		0,7526				0,7456
59		0,7487				0,7423
60		0,7449				0,7391

Eine eigenthümliche Einrichtung hat das Schieber-Aräometer von Idie. Dasselbe hat nämlich einen verschiebbaren Hals, welcher bei den Beobachtungen so eingestellt werden muß, daß das Aräometer in der zu prüfenden Flüssigkeit stets bis zu einem gewissen Punkte einsinkt. An einer auf diesem Halse angebrachten Scale liest man dann ab (je nach der Einrichtung der Scale), welche Volumina des eingesenkten Instrumentes der Dichte der Flüssigkeit entsprechen oder welches specifische Gewicht der eben untersuchten Flüssigkeit eigenthümlich ist. Die Handhabung dieses Instrumentes ist, wie man sieht, umständlich und deshalb unzweckmäßig.

Die Aräometer, welche für besondere Flüssigkeiten bestimmt sind, geben gewöhnlich nicht die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten an, sondern die Verhältnisse, in denen die zu erprobende Flüssigkeit mit einer anderen gemischt ist. Insofern diese Angabe nach Procenten geschieht, nennt man diese Instrumente Procent-Aräometer. Sie geben entweder die Procente des Gewichtes oder des Volumens an. Man bezeichnet sie dann näher mit Rücksicht auf die Flüssig-

keiten, für welche sie bestimmt sind. So groß ihr praktischer Nutzen ist, so geringfügig ist ihre wissenschaftliche Bedeutung, weil sie unter der Voraussetzung graduirt sind, daß der Zusatz (zur Verfälschung oder Verdünnung) einer Flüssigkeit, z. B. Weingeist, immer eine bestimmte andere Flüssigkeit, z. B. Wasser, sei.

Am wichtigsten sind unter diesen Instrumenten die Alkoholometer oder Branntweinwagen, da der Weingeist (Alkohol) sowohl in ökonomischer und mercantilischer Hinsicht als auch für die Wissenschaft von der größten Bedeutung ist. Die Herstellung zuverlässiger Procent-Alkoholometer ist aber abhängig von den Untersuchungen über die specifischen Gewichte der Mischungen von Alkohol und Wasser, welche ich, um nicht Zusammengehöriges auseinander zu reißen, hier anführen will.

Man könnte sehr leicht das specifische Gewicht einer bekannten Mischung von Alkohol und Wasser durch bloße Rechnung finden, wenn man das specifische Gewicht des absoluten, d. h. durchaus reinen Alkohols ebenso genau kennte als das des reinen Wassers, und wenn eine Quantität absoluten Alkohols Q zusammengegossen mit einer Quantität Wasser q eine Quantität wässerigen Alkohols Q + gäbe. Abgesehen davon, daß absoluter Alkohol sehr schwer herzustellen ist, zieht sich der Alkohol, sobald er mit Wasser vermischt wird, sehr beträchtlich zusammen, so daß also das Gemisch einen beträchtlich kleineren Raum einnimmt als die beiden Räume des Wassers und des Alkohols zusammengenommen betragen. Diese Zusammenziehung beträgt zuweilen mehr als ein Dreißigstel des Raumes, den man nach der Rechnung erwarten sollte. Daher hat man die specifischen Gewichte der Gemische aus Wasser und Alkohol durch Versuche (meist durch Wägungen) bestimmen müssen. In der folgenden Tabelle sind Resultate solcher Versuche von Richter*), Lowitz**), Meißner***) und Delezennes†). Die letzteren sind, wie es scheint, mit großer Sorgfalt angestellt. Alkohol und Wasser wurden in ihrem gewöhnlichen lufthaltigen Zustande angewendet. Die Gewichtsbestimmungen geschahen mittelst der Methode der Doppelwägung nach absolutem Gewichte, d. h. mit Berücksichtigung des ungleichen Gewichtsverlustes, den beide Körper in einem mit Luft erfüllten Raume erleiden. Auf den Druck der Atmosphäre, die Temperaturverhältnisse und den Feuchtigkeitszustand der Luft wurde die nöthige Rücksicht genommen. Der Alkohol, dessen Delezennes sich bediente, war viermal bei mäßiger Wärme im Sandbade über sehr trockenes Chlorcalcium abgezogen; er hatte bei 0° die Dichte 0,81190 gegen Wasser von derselben Temperatur = 1. Die Vermischung desselben mit Wasser geschah in einem Kolben mit langem und verstöpseltem Halse, damit nichts verdunste.

Zu den erwähnten Bestimmungen kommen noch Messungen von Gay-Lussac††), welcher den Alkoholgehalt nach Volumenprocenten bestimmte. Die Temperaturen beider zusammenzumischenden Flüssigkeiten waren gleich, wie die Tabelle sie angiebt.

---

*) Richter, über die neueren Gegenstände der Chemie. St. 8. S. 14.

**) Crell's Chem. Annalen 1796. Bd. I. S. 195.

***) Meißner, Aräometrie. Bd. II. S. 27. 30.

†) Férussac, Bullet. univ. des sciences math. T. VIII. p. 132. — Recueil des Trav. de la Soc. des sciences etc. de Lille. 1823 u. 24. p. 1.

††) Férussac, Bullet. univers. des scienc. math. T. VII. p. 147.

Wägungen von Richter, bei + 16° R. angeſtellt.

Alkohol in Gewichtsprocenten	Specifiſches Gewicht
100,00	0,7920
74,71	0,8600
56,60	0,9010
41,00	0,9340
32,14	0,9525

Wägungen von Lowitz, angeſtellt bei + 16° R.

Gewichts-procente Alkohol	Specif. Gewicht	Gewichts-procente Alkohol	Specif. Gewicht	Gewichts-procente Alkohol	Specif. Gewicht	Gewichts-procente Alkohol	Specif. Gewicht
100	791	75	856	50	914	25	965
99	794	74	859	49	917	24	966
98	797	73	861	48	919	23	968
97	800	72	863	47	921	22	970
96	803	71	866	46	923	21	971
95	805	70	868	45	925	20	973
94	808	69	870	44	927	19	974
93	811	68	872	43	930	18	976
92	813	67	875	42	932	17	977
91	816	66	877	41	934	16	978
90	818	65	880	40	936	15	980
89	821	64	882	39	938	14	981
88	823	63	885	38	940	13	983
87	826	62	887	37	942	12	985
86	828	61	889	36	944	11	986
85	831	60	892	35	946	10	987
84	834	59	894	34	948	9	988
83	836	58	896	33	950	8	989
82	839	57	899	32	952	7	991
81	842	56	901	31	954	6	992
80	844	55	903	30	956	5	994
79	847	54	905	29	957	4	995
78	849	53	907	28	959	3	997
77	851	52	909	27	961	2	998
76	853	51	912	26	963	1	999
						0	1000

Wägungen von Delezennes.

Alkoholgehalt in Gewichts-procenten	Specifisches Gewicht bei			
	0° C.	18° C.	36° C.	54° C.
0	1,00000	0,99855	0,99351	0,98721
5	0,99130	0,98983	0,98520	0,97736
10	0,98540	0,98261	0,97684	0,96805
15	0,98007	0,97587	0,96853	0,96050
20	0,97596	0,96974	0,96084	0,95054
25	0,97145	0,96312	0,95254	0,94097
30	0,96579	0,95588	0,94395	0,93166
35	0,95886	0,94682	0,93453	0,92133
40	0,95066	0,93781	0,92402	0,91058
45	0,93994	0,92733	0,91303	0,89963
50	0,93047	0,91682	0,90259	0,88801
55	0,92039	0,90605	0,89044	0,87594
60	0,90909	0,89474	0,87962	0,86382
65	0,89791	0,88338	0,86763	0,85194
70	0,88649	0,87180	0,85562	0,84047
75	0,87496	0,85974	0,84386	0,82884
80	0,86325	0,84834	0,83191	0,81693
85	0,85111	0,83561	0,81975	0,80414
90	0,83840	0,82310	0,80722	0,79099
95	0,82522	0,80974	0,79385	0,77790
100	0,81190	0,79539	0,78013	0,76436

Bestimmungen von Meißner.

Gewichts-procente	Specifisches Gewicht bei 16° R.	bei 40° R.	Volumen-procente	Specifisches Gewicht bei 16° R.	bei 40° R.
100	0,791	0,793	100	0,791	0,793
95	0,803	0,807	95	0,809	0,811
90	0,818	0,822	90	0,824	0,829
85	0,831	0,835	85	0,839	0,843
80	0,844	0,847	80	0,854	0,857
75	0,856	0,859	75	0,867	0,869
70	0,868	0,870	70	0,880	0,883
65	0,880	0,883	65	0,893	0,896
60	0,892	0,895	60	0,906	0,907
55	0,904	0,906	55	0,917	0,919
50	0,915	0,917	50	0,928	0,930
45	0,926	0,929	45	0,938	0,940
40	0,937	0,939	40	0,947	0,949
35	0,947	0,949	35	0,955	0,958
30	0,955	0,958	30	0,963	0,964
25	0,963	0,965	25	0,969	0,970
20	0,970	0,971	20	0,975	0,976
15	0,977	0,977	15	0,981	0,980
10	0,984	0,983	10	0,987	0,986
5	0,992	0,991	5	0,993	0,993
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000

Meſſungen von Gouvenain.

Alkoholgehalt in Volumenprocenten	Specifiſches Gewicht, das des Waſſers bei 10° R. = 1000 angenommen, bei				
	0° R.	5° R.	10° R.	15° R.	20° R.
10	989,50	988,25	987,00	985,75	984,50
20	979,50	978,00	976,50	975,00	973,50
30	971,75	969,25	966,75	964,25	961,75
40	960,00	956,50	953,00	949 50	946,00
50	943.00	939,00	935,00	931,00	927,00
60	924,00	919,00	914,00	909,00	904,00
70	900,30	895,15	890,00	884,85	879,70
80	874,40	869,20	864,00	858,80	853,60
90	846,50	841,25	836,00	830,75	825,50
100	810,60	805,30	800,00	794,70	789,40

Die ſorgfältigſten Unterſuchungen ſind von Gilpin*) unter der Leitung Blagden's 1790—1794 angeſtellt worden. Man kann bei Unterſuchung der preußiſchen Gewichte, welche den verſchiedenen Miſchungsverhältniſſen von Alkohol und Waſſer entſprechen, ſo verfahren, daß man die Volumina des Normalalkohols (den man als völlig rein oder doch als den möglichſt höchſten Grad von Reinheit darſtellbar annimmt) und des Waſſers, welche man vermiſchen will, beſtimmt und dann den Raum mißt, welchen die beiden Flüſſigkeiten nach der Miſchung einnehmen. Dieſe Beobachtung dient der weiteren Berechnung zur Grundlage. Man muß aber die Meſſungen, welche hier erfordert werden, nicht mit einem hohen Grade von Genauigkeit anſtellen. Daher würde es beſſer ſein, durch Beobachtung das ſpecifiſche Gewicht ſelbſt zu beſtimmen, welches die Miſchung annimmt. Aber noch zuverläſſiger iſt eine dritte Methode, bei welcher alle Meſſungen vermieden werden. Man wägt die Menge des Waſſers und ebenſo die des Alkohols und beobachtet ſodann das ſpecifiſche Gewicht ihrer Miſchung. Man kann bei weitem genauer meſſen als wägen und iſt beim Wägen dem ſtörenden Einfluſſe der Temperaturveränderungen auf die angewendeten Materialien weniger ausgeſetzt als beim Meſſen. Nach dieſer letzten Methode wurden die Verſuche von Blagden und Gilpin angeſtellt. Dieſe Phyſiker bedienten ſich eines Alkohols, deſſen ſpecifiſches Gewicht 0,8250 bei 60° F. (15°,5 C.) war, gegen Waſſer von gleicher Temperatur = 1. Tralles**), welcher die Unterſuchungen, von welchen wir reden, aufnahm und fortführte, rügt, daß in den Berichten über die Verſuche nicht bemerkt ſei, ob man bei denſelben auf die äußere Temperatur, auf den Luftdruck und auf das Gewicht der in den Gefäßen enthaltenen Luft, die durch das Einfüllen der Flüſſigkeiten aus denſelben verdrängt wird, Rückſicht genommen habe. Bei der Genauigkeit, mit welcher man übrigens verfuhr, indem man bis auf Hundertel von Granen genau wog, hätte man dieſe Verhältniſſe wohl berückſichtigen

*) Phil. Transact. 1794. P. I. p. 275. Vgl. Gren's neues Journ. der Phyſik. Bd. II. S. 365.

**) Gilbert, Ann. der Phyſik. Bd. XXXIX. S. 357.

sollen. Die bis auf 0,00001 angegebenen specifischen Gewichte dürften bis au 0,0001 richtig sein, auch wenn auf die Luft keine Rücksicht genommen wäre.

Mischungen aus Weingeist und Wasser ändern ihre Dichtigkeit unter de Einflusse der Wärme sehr bedeutend. An einem Frühlings- oder Herbsttage kan eine Mischung, welche fast die Hälfte Alkohol mehr enthält, dasselbe specifische G wicht haben, welches diese letztere an einem heißen Sommertage besitzt. Aus de bekannten Verhältnisse der Bestandtheile läßt sich die Aenderung des specifisch Gewichtes durch die Wärme ebenso wenig als die Dichtigkeit der Mischung na einer leichten Regel berechnen. Deshalb erschien es nöthig, in dieser Beziehu noch besondere Versuche anzustellen. Es wurden also 40 verschiedene Mischung von Alkohol und Wasser für jede 5 Grade des Fahrenheit'schen Thermomete von 30 bis 100° F. untersucht und dem specif. Gewichte nach bestimmt, welches de nach zu 15 × 40 = 600 Resultaten führte. Vermittelst derselben ließen s dann Tafeln für die specif. Gewichte der Mischungen aus Alkohol und Wasser allen Temperaturen herstellen. Gilpin berechnete 102 solche Tabellen. S seinen Wägungen bediente sich Gilpin eines kleinen Glaskolbens mit einem eng und langen Halse, welchen er bis zu einem Merkzeichen mit Weingeist füllte u dann auf einer äußerst empfindlichen Wage wog. Das Kölbchen faßte 2965 Gr destillirten Wassers und hatte einen Hals von 1,5 Zoll Länge und 0,25 Z Durchmesser. An dem Halse war ein Diamantstrich und bei der Füllung m Weingeist wurde der tiefste Punkt der concaven Oberfläche der Flüssigkeit mit d Diamantstrich ins Niveau gebracht. Jedes der 600 Resultate wurde als Mi aus wenigstens drei Wägungen festgestellt.

Nachstehende Tabelle enthält die erwähnten 600 Resultate, welche den weit Rechnungen zu Grunde gelegt wurden.

Specifisches Gewicht verschiedener Mischungen aus Alkohol (von 82500 specif. Gewicht bei 60° F.) und Wasser bei verschiedenen Temperaturen. Das specif. Gewicht des Wassers bei 60° F. = 100000.

Temperatur	Hundert Gewichtstheile Alkohol und Gewichtstheile Wasser: 0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30° F.	83896	84995	85957	86825	87585	88282	88921	89511	90054	90558	91023	91449	91847	92217	92563	92889	93191	93474	93741	93991	94222
35	672	769	729	587	357	059	701	294	89839	315	90811	241	649	009	355	680	92986	274	541	790	025
40	445	539	507	361	184	87538	481	073	617	127	596	026	428	91799	151	476	783	072	341	592	93827
45	214	310	277	131	86905	613	255	88849	396	89909	380	90812	211	584	91937	264	570	92859	131	382	621
50	82977	076	042	85902	676	384	030	626	174	684	160	596	90997	370	723	051	358	647	92919	177	419
55	736	83834	84802	664	441	150	87796	393	88945	458	89933	367	768	144	502	91837	145	436	707	92963	208
60	500	599	568	430	208	86918	569	169	720	232	707	144	549	90927	287	622	91933	225	499	758	002
65	262	362	334	193	85976	686	337	87938	490	006	479	89920	328	707	066	400	715	010	283	546	92794
70	023	124	098	84951	736	451	105	705	254	88773	252	695	104	484	90847	181	493	91793	069	333	580
75	81780	82878	83851	710	496	212	86864	466	018	538	018	464	89872	252	617	90952	270	569	91849	111	364
80	530	631	603	467	248	85986	622	228	87776	301	88781	225	639	021	385	723	046	340	622	91891	142
85	294	396	371	243	036	757	411	021	590	120	609	043	460	89843	209	558	90882	186	465	729	91969
90	044	150	126	001	84797	518	172	86787	360	87889	376	88817	230	617	89988	342	668	90967	248	511	751
95	80794	81900	82877	83753	556	272	85928	542	114	654	146	588	003	390	763	119	443	747	029	290	531
100	548	657	639	513	038	031	688	302	86879	421	87915	357	88769	158	536	89889	215	522	90805	066	310

Temperatur	Hundert Gewichtstheile Wasser und Gewichtstheile Alkohol: 95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
30° F.	94447	94675	84920	95173	95429	95681	95944	96209	96470	96719	96967	97200	97418	97635	97860	98108	98412	98814	99334
35	249	484	734	94988	246	502	772	048	315	579	840	086	319	556	801	076	397	804	344
40	058	295	547	802	060	328	602	95879	159	434	706	96967	220	472	737	033	373	795	345
45	93860	096	342	605	94871	143	423	703	98993	280	563	840	110	384	666	97980	338	774	338
50	658	93897	140	414	683	94958	243	534	831	126	420	708	96995	284	589	920	293	748	316
55	452	696	93948	213	486	767	057	357	662	95966	272	575	877	181	500	847	239	702	284
60	247	493	749	018	296	579	94876	181	493	804	122	437	752	074	410	771	176	654	244
65	040	285	546	93822	099	388	680	000	318	635	95962	288	620	96959	309	688	106	594	194
70	92828	076	337	616	93898	193	500	94813	139	460	802	143	481	836	203	598	028	527	134
75	613	92865	132	413	693	93989	301	623	94957	282	639	95987	344	709	086	498	97943	454	066
80	398	646	92917	201	488	788	102	430	768	104	467	830	198	580	958	388	848	367	98991

Im Handel wird der Weingeist nicht gewogen, sondern gemessen. Daher sind die Gilpin'schen Tabellen, welche Gewichtsprocente angeben, für den Verkehr nicht praktisch. Aus diesem Grnnde und in Rücksicht auf die schon gerügten Mängel wurden weitere Untersuchungen über die specifischen Gewichte der Mischungen von Alkohol und Wasser von Tralles angestellt, bei denen von den Gilpin'schen ausgegangen wurde. Tralles erhielt nämlich von der preuß. Regierung 1811 den Auftrag, das bequemste und sicherste Mittel zur Erhebung der Branntweinsteuer anzugeben. Er berechnete Tafeln, welche den Gehalt der verschiedenen Weingeistsorten von wasserfreiem Alkohol in Volumenprocenten des Weingeistes und die specifischen Gewichte im Vergleich zu dem des Wassers im Zustande seiner größten Dichtigkeit angaben. Bei seinen Versuchen bediente Tralles sich seiner hydrostatischen Wage (s. S. 281 f.). Rose hatte ihm verschiedene Proben möglichst wasserfreien Alkohols überlassen. Das specifische Gewicht der einen Sorte fand Tralles bei 60° F. 0,79841, das der anderen 0,79876 gegen Wasser von gleicher Temperatur = 1. Tralles überzeugte sich zunächst, ob dieser Alkohol nicht etwa durch die Befreiung von Wasser seine chemische Natur verändert habe, indem er untersuchte, ob derselbe durch einen Zusatz von Wasser bis zu demjenigen Grade, in welchem der gewöhnliche Alkohol Wasser enthält, dasselbe specifische Gewicht wie dieser Weingeist erhalte. Er fand, daß die Mischungen aus jenem reinen Alkohol mit Wasser eben die Gesetze wie die Mischungen aus weniger entwässertem Alkohol befolgen. Hierauf untersuchte Tralles, wie viel Wasser auch diesem Rose'schen Alkohol noch entzogen werden müsse, damit man einen Alkohol von der absoluten Reinheit erlange, wie ihn Lowitz*) in Petersburg gefunden, welchen er als absolut rein annahm. Dieser hatte nämlich gefunden, daß Weingeist, welchen man über trocknem, nicht gesättigtem, kohlensaurem Kali (Weinsteinsalz) schüttelt, nicht unter das specifische Gewicht von 0,815 herabkommt. Zieht man aber denselben nach dieser Entwässerung mit Vorsicht über Weinsteinsalz ab, so daß man nicht mehr auf das Salz in der Retorte gießt, als es einzuschlürfen vermag, und treibt nur etwa $^2/_3$ über, so erhält man einen Alkohol, dessen specifisches Gewicht bei 16° R. nach Lowitz 0,791 ist. Durch wiederholtes Abziehen über Weinsteinsalz wurde das specifische Gewicht dieses Weingeistes nicht weiter verändert, und wenn man denselben für sich überdestillirte, so hatte das erste, was überging, dasselbe specifische Gewicht wie das letzte. Hierin erkannte Lowitz den Beweis, daß er vollkommen wasserfreien Alkohol erlangt habe. Nach Tralles enthält Alkohol, dessen specifisches Gewicht 0,7986 (bei 60° F.), noch 0,012 seines Gewichtes an Wasser.

Tralles hat nun zunächst eine Tafel berechnet, welche die specifischen Gewichte der Mischungen von Alkohol und Wasser angiebt, von denen 100 Quart oder Cubikzoll 1, 2, 3, 4 ꝛc. Quart oder Cubikzoll reinen Alkohol enthalten. Die Temperatur der Mischung ist dabei zu 60° F. angenommen und die specifischen Gewichte sind bestimmt im Vergleich gegen das des Wassers im Zustande der größten Dichtigkeit (bei 39°, 83 F.), welches = 1000 gesetzt ist. Reines Wasser hat demgemäß bei 60° F. ein specif. Gewicht = 9991 und der als rein angenommene Alkohol bei derselben Temperatur ein specif. Gewicht = 7939.

*) Crell's chemische Annalen. J. 1769. Bd. I. S. 195 f.

I. Tafel.

Eine Mischung			Eine Mischung		
von der 100 Maß enthaltenen Maß Alkohol	hat bei 60° Fahrenheit Wärme das specifische Gewicht	Unterschiede der specifischen Gewichte	von der 100 Maß enthaltenen Maß Alkohol	hat bei 60° Fahrenheit Wärme das specifische Gewicht	Unterschiede der specifischen Gewichte
0	9991	—	51	9315	20
1	9976	15	52	9295	20
2	9961	15	53	9275	20
3	9947	14	54	9254	21
4	9933	14	55	9234	20
5	9919	14	56	9213	21
6	9906	13	57	9192	21
7	9893	13	58	9170	22
8	9881	12	59	9148	22
9	9869	12	60	9126	22
10	9857	12	61	9104	22
11	9845	12	62	9082	22
12	9834	11	63	9059	23
13	9823	11	64	9036	23
14	9812	11	65	9013	23
15	9802	10	66	8989	24
16	9791	11	67	8965	24
17	9781	10	68	8941	24
18	9771	10	69	8917	24
19	9761	10	70	8892	25
20	9751	10	71	8867	25
21	9741	10	72	8842	25
22	9731	10	73	8817	25
23	9720	11	74	8791	26
24	9710	10	75	8765	26
25	9700	10	76	8739	26
26	9689	11	77	8712	27
27	9679	10	78	8685	27
28	9668	11	79	8658	27
29	9657	11	80	8631	27
30	9646	11	81	8603	28
31	9634	12	82	8575	28
32	9622	12	83	8547	28
33	9609	13	84	8518	29
34	9596	13	85	8488	30
35	9583	13	86	8458	30
36	9570	13	87	8428	30
37	9556	14	88	8397	31
38	9541	15	89	8365	32
39	9526	15	90	8332	33
40	9510	16	91	8299	33
41	9494	16	92	8265	34
42	9478	16	93	8230	35
43	9461	17	94	8194	36
44	9444	17	95	8157	37
45	9427	17	96	8118	39
46	9409	18	97	8077	41
47	9391	18	98	8034	43
48	9373	18	99	7988	46
49	9354	19	100	7939	49
50	9335	19			

Vermittelst dieser Tafel und irgend eines Apparats, um das specifische Gewicht einer Flüssigkeit abzuwägen, findet sich der Alkoholgehalt eines bloß aus Wasser und Alkohol bestehenden Gemisches sehr bequem.

Gesetzt, man finde von einem Weingeiste das specifische Gewicht bei 60° F. Wärme 9605, so zeigt die Tafel, daß er in 100 Theilen seines Volumens zwischen 33 und 34 Theile an reinem Alkohol enthält. Wird größere Genauigkeit erfordert, so sucht man den Unterschied der Zahl 9605 von der nächst größern Zahl, welche sich in der Tafel antreffen läßt; in diesem Beispiele 9609, welche jene um 4 übertrifft. Diese Zahl mache man zum Zähler eines Bruchs, dessen Nenner die Unterschiedszahl der Tafel ist, welche zwischen den specifischen Gewichten für 33 und 34 Alkoholgehalt steht; hier 13. Gedachter Bruch ist also $^4/_{13}$, und es enthält folglich der erprobte Weingeist $33^4/_{13}$ Procent seines Volumens an reinem Alkohol. Hätte man z. B. von diesem Weingeiste oder Branntwein 175 Quart, so würde sich die darin enthaltene Menge Alkohols finden, wenn man sagt: 100 geben $33^4/_{13}$, wie viel geben 115? Antwort: $58^1/_2$ Quart beinahe. Tralles bemerkt hierbei, daß man nicht folgern dürfe, weil $58^1/_2$ Quart Alkohol in den 175 Quart Branntwein enthalten seien, sei der Rest, nämlich $116^2/_3$ Quart, Wasser; denn es ist des Wassers mehr in der Mischung vorhanden, worauf obige Tafel keine Rücksicht zu nehmen hat. Sie ist bloß darauf berechnet, das Volumen des Alkohols, und nicht das Volumen des Wassers, in dem von der Mischung beider eingenommenen und durch chemische Wirkung verengten Raume anzugeben.

Obgleich diese Tafel, um ihrem besondern Zwecke am angemessensten zu sein, den Alkoholgehalt in Maß und nicht nach Gewicht angiebt, so läßt sich doch auch dieses vermittelst derselben finden. Wenn man nämlich nach der Tafel gefunden hat, wie viele Maße Alkohol in 100 Maßen der zu erprobenden Flüssigkeit enthalten sind, so multiplicire man diese Anzahl Maße mit dem specifischen Gewichte des reinen Alkohols, also mit 7939. Die herauskommende Zahl zeigt an, wie viele Pfunde reiner Alkohol im 100fachen der Zahl, die das specifische Gewicht der erprobten Flüssigkeit angiebt, an Pfunden enthalten sind. Also im oben angenommenen Falle sind $33^4/_{13}$mal 7939, d. i. 26443 Pfd. Alkohol, in 100 mal 9605, d. i. in 960500 Pfd. der Mischung enthalten. Wie viele Pfunde Alkohol in jeder andern Zahl von Pfunden der Mischung enthalten sind, findet sich dann leicht durch die einfache Proportion: 960500 Pfd. Mischung haben 264430 Pfd. Alkohol, wie viel hat die vorgegebene Zahl von Pfunden der Mischung?

Es läßt sich hiernach aus jener Tafel leicht eine andere berechnen, welche für jede 100 Pfd. der Mischung angiebt, wie viele Pfunde reiner Alkohol in derselben sein müssen.

Die gegebene Tafel setzt voraus, daß die zu erprobende Mischung bei 60° des Fahrenheit'schen Thermometers ihrem specifischen Gewichte nach bestimmt worden sei. Diese Temperatur läßt sich freilich einer Flüssigkeit in unsern Gegenden zu jeder Zeit mittheilen, und durch ein zur Hand befindliches Thermometer kann man sich versichern, daß dieser Wärmegrad der Flüssigkeit gegeben worden sei, bevor man das specifische Gewicht selbst bestimmt. Damit aber auch für jeden andern Wärmegrad unmittelbar das specifische Gewicht, welches bei

60° F. stattfinden muß, gefunden werden könne, ist es nöthig, sich folgender, aus zwei Theilen bestehender Tafel zu bedienen, welche angiebt, um wie viel sich das specifische Gewicht der Mischungen von Alkohol und Wasser für jede 5 Grade des Fahrenheit'schen Thermometers ändert. Es ist hinlänglich, dieses bloß von 5 zu 5 Maßen des Alkoholgehalts in 100 der Mischung anzuzeigen, weil sich die nöthige Rechnung für einzelne Maße, sowie für einzelne Grade der Thermometerscale, aus einer solchen Tafel leicht führen läßt.

Der erste Theil dieser Tafel giebt an, wie viel das specifische Gewicht der Mischungen, die bei 60° F. 0, 5, 10, 15 ... Maße Alkohol in Hundert enthalten, sich für die Wärmegrade unter 60 (d. i. für 55, 50 u. f. bis 30) vergrößert. Der zweite Theil giebt an, wie viel sich das specifische Gewicht derselben Mischungen bei den Wärmegraden über 60, für 65, 70 u. f. bis 100, vermindert.

II. Tafel.

Veränderungen des specifischen Gewichts der Branntweine mit der Wärme.

Maß Alkoholgehalt in 100 der Mischung	Specif. Gewicht dieses Branntweins bei 60° Fahrenheit	Zunahme des für 60° F. geltenden specifischen Gewichts bei folgendem Stande des Fahrenh. Thermometers						Abnahme des für 60° F. geltenden specifischen Gewichts bei folgenden Ständen des Fahrenh. Thermometers							
		55°	50°	45°	40°	35°	30°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
0	9991	4	7	9	9	9	7	5	11	17	24	32	40	50	60
5	9919	4	7	9	10	10	9	5	11	18	25	33	42	51	62
10	9857	5	9	12	14	15	15	6	13	20	29	37	47	57	68
15	9802	6	12	17	21	23	25	7	15	25	34	44	55	67	79
20	9751	8	16	23	29	35	39	9	19	30	41	53	66	79	93
25	9700	10	21	31	39	48	56	11	24	36	50	63	78	93	109
30	9646	13	26	39	51	62	73	14	28	43	59	75	91	108	125
35	9583	16	31	46	61	75	89	17	33	50	68	86	104	122	141
40	9510	18	35	52	70	89	103	18	37	56	75	94	114	134	154
45	9427	19	39	57	76	94	112	20	40	60	80	101	122	143	164
50	9335	20	40	60	80	99	118	21	42	63	84	106	128	150	173
55	9234	21	42	63	84	104	124	22	43	65	87	109	132	155	178
60	9126	22	43	65	86	107	127	22	44	67	90	113	136	159	183
65	9013	22	45	67	88	109	130	22	45	68	92	115	138	162	187
70	8892	22	45	68	90	112	133	23	46	69	93	117	141	165	190
75	8765	23	46	68	91	113	135	23	46	70	94	119	143	167	192
80	8631	23	47	70	92	115	137	23	47	71	96	120	144	169	194
85	8488	23	47	70	93	116	139	24	48	72	96	121	145	170	195
90	8332	24	48	71	94	117	140	24	48	72	97	121	146	171	196

Diese Tafel geht nur bis 90 Maß Alkoholgehalt in Hundert, weil im Handel ein höherer Gehalt nicht vorkommt. Man sieht unmittelbar, daß die Zahlen unter den Thermometergraden, je nachdem diese unter oder über 60 sind, den specifischen Gewichten bei 60 selbst hinzugesetzt oder davon subtrahirt, die specifischen Gewichte für die verschiedenen Wärmegrade unmittelbar geben. Es lassen sich also aus dieser Tafel 15 solche Tafeln herleiten, wie die zuerst gegebene, nur daß diese nicht, wie jene, für jedes einzelne Maß Alkohol in Hundert

des Branntweins, ſondern nur von fünf zu fünf Maßen Alkoholgehalt das ſp
ciſiſche Gewicht bei den verſchiedenen Temperaturen anzeigen. Ohne ſolche T
bellen wirklich zu vollenden, läßt ſich aus der zuletzt gegebenen der Alkoholgeh
bei jeder Temperatur durch leichte Rechnungen finden.

Es iſt bei der Unterſuchung des ſpecifiſchen Gewichts noch auf eine Berich
gung Rückſicht zu nehmen, welche die vorigen Tabellen nicht enthalten. Di
Berichtigung hängt von der Materie ab, durch welche das ſpecifiſche Gewi
beſtimmt wird, nämlich der des hohlen Körpers, welcher zu dieſem Zwecke mit d
Branntweine angefüllt, oder in denſelben geſenkt, oder abgewogen wird. Di
Körper oder dieſes Gefäß ändern ihr Volumen mit der Wärme, und es muß
daher jedes Mal dasjenige Volumen berechnet werden, welches ſie bei der Te
peratur von 60° F. haben würden, ſowie der Einfluß dieſer Raumveränderung
das Gewicht der aus der Stelle gedrückten oder in dem Gefäß enthaltenen Fl
ſigkeit. Dieſem auszuweichen dient vornehmlich die folgende Tafel. Sie ent
nicht das abſolute ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeiten von verſchiedenem Alko
gehalte, ſondern ihr ſcheinbares, in der Vorausſetzung, daß die Flüſſigkei
mittelſt eines gläſernen Gefäßes oder Körpers abgewogen werden. Auch fin
ſich bei dieſer Tafel noch eine Spalte für Meſſing, um auch beim Gebra
dieſer Materie zur Erforſchung des ſpecifiſchen Gewichts die nöthigen Data sog
zur Hand zu haben.

III. Tafel.

Scheinbares ſpecifiſches Gewicht der Branntweine von verſchiedener Miſchung
Wärme, wie es ſich bei Abwägung mittelſt eines Glaskörpers zeigt.

Alkohol Procent	Temperaturen						Alkohol Procent	Temperaturen					
	30° F.	35°	40°	45°	50°	55°		60° F.	65°	70°	75°	80°	
0	9994	9997	9997	9998	9997	9994	0	9991	9987	9981	9976	9970	
5	9924	9926	9926	9926	9925	9922	5	9919	9915	9909	9903	9897	
10	9868	9869	9868	9867	9865	9861	10	9857	9852	9845	9839	9831	
15	9823	9822	9820	9817	9813	9807	15	9802	9796	9788	9779	9771	
20	9786	9782	9777	9772	9766	9759	20	9751	9743	9733	9723	9713	
25	9752	9745	9737	9729	9720	9709	25	9700	9690	9678	9666	9653	
30	9715	9705	9694	9683	9671	9658	30	9646	9633	9619	9605	9590	
35	9668	9655	9641	9627	9612	9598	35	9583	9567	9551	9535	9518	
40	9609	9594	9577	9560	9544	9527	40	9510	9493	9474	9456	9438	
45	9535	9518	9500	9482	9464	9445	45	9427	9408	9388	9369	9350	
50	9449	9431	9413	9393	9374	9354	50	9435	9315	9294	9274	9253	
55	9354	9335	9316	9295	9275	9254	55	9234	9213	9192	9171	9150	
60	9249	9230	9210	9189	9168	9147	60	9126	9105	9083	9061	9039	
65	9140	9120	9099	9078	9056	9034	65	9013	8992	8969	8947	8924	
70	9021	9001	8980	8958	8936	8913	70	8892	8870	8847	8825	8801	
75	8896	8875	8854	8832	8810	8787	75	8765	8743	8720	8697	8673	
80	8764	8743	8721	8699	8676	8653	80	8631	8609	8585	8562	8538	
85	8623	8601	8579	8556	8533	8510	85	8488	8465	8441	8418	8394	
90	8469	8446	8423	8401	8379	8355	90	8332	8309	8285	8262	8238	

Reductions-Täfelchen für Meſſing.

Folgende Zahlen ſind zu den ſpecifiſchen Gewichten zu addiren oder von ihnen zu ſubtr
für meſſingne Spindeln u. ſ. f.:

ſubtr.	5	4	3	2	2	1	add.	0	1	2	2	3	

Gesetzt, man habe ein gläsernes Aräometer, welches so eingerichtet ist, daß es bei 60° F. Wärme das specifische Gewicht der Flüssigkeiten richtig angiebt; vermittelst desselben finde man z. B. das specifische Gewicht eines Branntweins bei 60° Wärme 9835. Um dessen Gehalt an Alkohol zu kennen, suche man in der Columne von Zahlen, die unter 40° stehen, die zwei jener am nächsten kommenden, von welchen die eine größer, die andere also kleiner als 9835 ist. Nebst jenen Zahlen schreibt man zugleich den in der ersten Columne mit denselben in gleicher horizontalen Reihe angezeigten Alkoholgehalt auf.

a) Man subtrahirt das beobachtete scheinbare specifische Gewicht vom nächst größern der Tafel.

b) Man subtrahirt die beiden denselben am nächsten kommenden Zahlen der Tafel von einander.

c) Mit dieser Zahl dividirt man das Fünffache der ersten Differenz.

d) Die herausgekommene Zahl wird dem Alkoholgehalte, welcher der größten der aus der Tafel genommenen Zahlen entspricht, hinzugesetzt, und die Summe ist der verlangte Alkoholgehalt der Flüssigkeit.

In diesem Beispiel steht die Rechnung so:

Für 40° F. aus der Tafel
sind die 9835 am nächsten kommenden Zahlen:
9868, entspricht 10 Alkoholgehalt
9820, = 15 =

a) Differenz der beiden ersten 33; das Fünffache 165

b) Diff. der zwei letzten Zahlen 48

c) $^{165}/_{48}$ . . . . . soviel als $3^{21}/_{48}$

Alkoholgehalt entsprechend der größten Zahl . 10

Alkoholgehalt des Branntweins oder Lutters,
der erprobt wird . . . . . $13^{21}/_{48}$
oder beinahe $13^{1}/_{2}$ Procent.

Ist die beobachtete Temperatur nicht gerade in der Tafel vorhanden, so können die entsprechenden nächst größern und nächst kleinern Zahlen nicht unmittelbar aus der Tafel genommen werden, man erhält sie aber durch eine äußerst leichte Rechnung. Man habe z. B. bei 78° F. Wärme mittelst des Glasaräometers das specifische Gewicht eines Branntweins 9360 gefunden. Die Ansicht der Tafel allein giebt zu erkennen, daß diese Flüssigkeit einen Alkoholgehalt habe, der zwischen 40 und 50 fällt. Man sucht also für den Alkoholgehalt von 40, 45 und 50 das specifische Gewicht für 78° F. Wärme. Die Tafel giebt dieses nur für 75 und 80, zwischen welchen 78° fällt, welches 3 Grad mehr ist als 75°. Man nehme nun aus den Tafeln für die dem beobachteten Wärmegrade am nächsten kommenden Grade die dem beobachteten specifischen Gewichte am nächsten kommenden Zahlen und die Unterschiede dieser Zahlen.

Alkoholgehalt	75°	80°	Unterschiede
40	9456	9438	18
45	9369	9350	19
50	9274	9253	21

Weil die beobachtete Temperatur 3° größer ist, als die nächst kleinere, so sagt man:

5°	geben	18;	was	geben	3°?	Antwort:	11
5°	=	19;	=	=	3°?	=	11
5°	=	21;	=	=	3°?	=	13

Diese Zahlen werden von den specifischen Gewichten unter 75° subtrahirt und man erhält die scheinbaren specifischen Gewichte für 78°,

nämlich für	40	Alkoholgehalt	9445
=	45	=	9358
=	50	=	9261

Nun sieht man, daß das gegebene scheinbare specifische Gewicht 9360 zwischen 40 und 45 und nahe am letztern fällt, und verfährt wie zuvor. Nämlich:

		Unterschiede
beobachtetes specifisches Gewicht	9360	
für 40 Alkoholgehalt . .	9445	85
= 45 = . .	9358	87

87 geben 5, was geben 85? Antwort: $4^{77}/_{87}$, wofür man $4^{9}/_{10}$ setzen kann. Also ist der Gehalt des erprobten Branntweins $44^{9}/_{10}$.

Es ist aber die Berechnung für 50 Alkoholgehalt überflüssig gewesen, wie eine aufmerksame Ansicht der Zahlen der Tabelle es im Voraus hätte erkennen lassen. Allein um zu zeigen, daß auch ohne näheres Nachsuchen die Rechnung ebenfalls nicht größer wird, und um zugleich anzudeuten, wie man sich zu verhalten habe, wenn man unsicher ist, zwischen welchen beiden Alkoholgehalten der Tafel die vorgegebene zu stellen ist, sind drei gewählt worden, welche in jedem Falle ausreichen.

Das unten angehängte Täfelchen zeigt, welche Zahlen statt der in den Tafeln stehenden gebraucht werden müssen, wenn man mit einem messingenen statt mit einem gläsernen Instrumente das specif. Gewicht nimmt. Die specifischen Gewichte bei 3° Temperatur müssen alle um die Zahl 5 vermindert werden, bei 35° um 4 u. s. f. Ueber 60° hingegen muß man bei 65° 1, bei 70° 2 ... den Zahlen der Columne um denselben Temperaturen hinzusetzen. Hat man nämlich zwei Aräometer, welche beide genau für 60° Wärme das specifische Gewicht der Flüssigkeiten angeben, von denen das eine Glas, das andere Messing ist, so werden sie nur in Flüssigkeiten von 60° F. harmoniren, bei andern Temperaturen aber von einander abweichen. Wenn z. B. in einer Flüssigkeit von 30° Temperatur das gläserne Aräometer 9708 angiebt, so wird das messingene nur 9703 anzeigen. Zeigt jenes in einer Flüssigkeit von 85 Grad Wärme 9708 an, so giebt dieses dagegen 9712. Will man mit messingenen Gefäßen oder Aräometern das specifische Gewicht der Branntweine untersucht, so ist es hinreichend, den Angaben derselben die Zahlen 5, 4, 3, 2, 1 hinzuzusetzen oder davon abzuziehen, je nachdem die Temperatur 30, 25, 20, 15, 10, 5 Grade unter oder über 60 Grad ist, und dann die Resultate nach den Tabellen über das Glasaräometer zu behandeln.

Vermöge der vorhergehenden Tafel findet man zwar aus dem scheinbaren specifischen Gewichte, wie viele Maß Alkohol in 100 der Mischung oder des Branntweins enthalten sind, wenn diese Mischung wirklich die Temperatur

60° F. hätte; hat sie aber eine andere Temperatur, so kann dies Unterschiede von mehr als Eins vom Hundert veranlassen. Es ist daher ein zweites Erforderniß, das Volumen des wirklich vorhandenen Gemisches oder Branntweins bei 60° F. zu kennen. Und dabei verfährt man wie folgt:

Hat man nach der vorhergehenden Tafel den Alkoholgehalt gefunden, so wird das Volumen der vorhandenen Flüssigkeit gemessen und dabei der Wärmegrad derselben beobachtet. Gesetzt, der erprobte Alkoholgehalt sei der im vorigen Beispiele gefundene $44^9/_{10}$, die Temperatur 75° F., und das Volumen des Branntweins bei 75° F. 347 Quart.

Man nimmt dann a) aus der Tafel I. das specifische Gewicht für $44^9/_{10}$ Alkoholgehalt. Dieses ist für 44: 9444, für $^9/_{10}$ wird es vermindert um $^9/_{10}$ mal 17, d. i. um 15, beträgt also für $44^9/_{10}$ bei 60° F. 9429.

Man sucht ferner b) aus der Tafel II., wie viel das specifische Gewicht von $44^9/_{10}$ Alkoholgehalt für 75° sich ändert; man findet daselbst 60.

c) Diese Zahl subtrahirt man von der aus der Tafel I. genommenen 9429 weil die Temperatur 75 über 60 Grad ist, denn im entgegengesetzten Falle muß man die Zahlen addiren) und erhält zum Rest 9369.

d) Nun sagt man: wie die Zahl 9429 (a) zu der Zahl 9369 (c), so verhält sich die Zahl der Quarte 347 bei 75° F. zu der Zahl der gesuchten Quarte Branntwein bei 60°. Diese ist also 347 mal 9369, dividirt durch 9429, welche 345 Quarte macht, wenn man auf einen kleinen Bruch nicht sieht. Da man nun weiß, daß 100 dieses Branntweins $44^9/_{10}$ Alkohol enthalten, so sucht man nunmehr, wie viel (nicht 347, sondern) 345 Quarte enthalten. Antwort: $165^9/_{10}$ Quart. Dieses ist die wahre Quantität reinen Alkohols von 60° F., welche in dem erprobten Branntweine enthalten ist, nach welcher sich dessen Werth und die Abgabe von demselben proportioniren muß.

Eine vierte Tafel hat Tralles zur Ersparung dieser Berechnung gegeben, es wird aber dabei vorausgesetzt, daß das Volumen des Branntweins bei derselben Temperatur gemessen werde, bei welcher das specifische Gewicht desselben zu seiner Gehaltserprobung genommen wird. Wenn man dieses beobachtet, so ist die folgende Tafel vom bequemsten Gebrauche. Bis gegen 25 Alkoholgehalt weicht sie von der vorigen nicht ab, weil sich das specifische Gewicht, sofern es nur mit 4 Zahlen angegeben wird, bei so geringem Alkoholgehalte noch nicht ändert. Bei größerem Alkoholgehalte ist nicht allein die Aenderung, die dieser erleidet, an sich größer, sondern es entsprechen auch gleichen Aenderungen, wie zuvor, hier größere Unterschiede des specifischen Gewichts. Uebrigens sind auch die specifischen Gewichte der Tafel scheinbare, und zwar in Beziehung auf Glas. Wird vermittelst eines messingenen Körpers das specifische Gewicht genommen, so muß man von den vorhandenen Zahlen nach Maßgabe der Temperatur 5, 4 . . . 1 subtrahiren oder 1, 2, 2 . . . addiren, und dann erst mit den so verminderten oder vergrößerten Zahlen in der Haupttabelle das Gehörige für den zu suchenden Alkoholgehalt vornehmen. Damit Alles beisammen stehe, ist das letzte Täfelchen hier aus der vorigen wiederholt.

IV. Tafel, welche den wahren Alkoholgehalt aus dem Volumen und dem scheinbaren specifischen Gewichte der Branntweine giebt, wenn beide bei gleicher Temperatur bestimmt worden sind.

Alkoholgeh. Vol. Proc.	Temperaturen						Alkoholgeh. Vol. Proc.	Temperaturen					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.		60° F.	65° F.	70° F.	75° F.	80° F.	85° F.
0	9994	9997	9997	9998	9997	9994	0	9991	9987	9981	9976	9970	9962
5	9924	9926	9926	9926	9925	9922	5	9919	9915	9909	9903	9897	9889
10	9868	9869	9868	9867	9865	9861	10	9857	9852	9845	9839	9831	9823
15	9823	9822	9820	9817	9813	9807	15	9802	9796	9788	9779	9771	9761
20	9786	9782	9777	9772	9766	9759	20	9751	9743	9733	9722	9711	9700
25	9753	9746	9738	9729	9720	9709	25	9700	9690	9678	9665	9652	9638
30	9717	9707	9695	9684	9672	9659	30	9646	9632	9618	9603	9588	9572
35	9671	9658	9644	9629	9614	9599	35	9583	9566	9549	9532	9514	9495
40	9615	9598	9581	9563	9546	9528	40	9510	9491	9472	9452	9433	9412
45	9544	9525	9506	9486	9467	9447	45	9427	9406	9385	9364	9342	9320
50	9460	9440	9420	9399	9378	9356	50	9335	9313	9290	9267	9244	9221
55	9368	9347	9325	9302	9279	9256	55	9234	9211	9187	9163	9139	9114
60	9267	9245	9222	9198	9174	9150	60	9126	9102	9076	9051	9026	9000
65	9162	9138	9113	9088	9063	9038	65	9013	8988	8962	8936	8909	8882
70	9046	9021	8996	8970	8944	8917	70	8892	8866	8839	8812	8784	8756
75	8925	8899	8873	8847	8820	8792	75	8765	8738	8710	8681	8652	8622
80	8798	8771	8744	8716	8688	8659	80	8631	8602	8573	8544	8514	8483
85	8663	8635	8606	8577	8547	8517	85	8488	8458	8427	8396	8365	8333
90	8517	8486	8455	8425	8395	8463	90	8332	8300	8268	8236	8204	8171

Reduction für Messing auf Glas.

addit.	5	4	3	2	2	1	subtract.	0	1	2	2	3	4

Es sei z. B. bei 70° F. eines Branntweins scheinbares specifisches Gewicht 9450 und sein Volumen 217 Quart gefunden worden; wie viele Quart Alkohol von 60° Temperatur enthält er? In der Spalte unter der Ueberschrift 70° nehme man (a) die beiden Zahlen, welche dem beobachteten scheinbaren specifischen Gewichte am nächsten sind, nebst den ihnen entsprechenden Alkoholgehalten; nehme auch (b) die Differenz der Zahlen, und (c) die Differenz der größern und der Zahl, welche die Beobachtung gegeben hat; dann setzt man (d): wie die erste Differenz [b] zu der zweiten [c], so die Zahl 5, als Alkoholgehalts-Unterschied der Tafel, zu einer Zahl, welche angiebt, wie viel zum geringsten Alkoholgehalt in der Tafel hinzugefügt werden muß, um den verlangten Gehalt zu haben.

			70°	Differenzen
			9450	
(a)	40	Alkoholgehalt	9472	22 (c)
	45	"	9385	87 (b)

(d) 87 geben 5, was geben 22? Antwort: $1^{3}/_{10}$ ungefähr. Also enthält der Branntwein $41^{3}/_{10}$ Quart Alkohol von 60° in 100 des Branntweins von 70°. Nun ist bloß noch zu sagen: 100 enthalten $41^{3}/_{10}$, wie viel 217? und es findet sich auf diese Art, daß die erprobte Branntweinmenge $89^{6}/_{10}$ Quart Alkohol von 60° Wärme enthält.

Bleibt das specifische Gewicht wie oben, ist aber die Temperatur, bei welcher es genommen und die Quantität des Branntweins gemessen ist, 72°, welche Temperatur sich nicht unmittelbar in den Tafeln findet, so ist man genöthigt, eine Vorbereitung zu machen und die specifischen Gewichte, zwischen welche das beobachtete fällt, aus den Tafeln für 72° zu berechnen.

a) Unmittelbar sieht man, daß das specifische Gewicht einem Gehalt von beiläufig 40 entspricht; b) daß dabei das specifische Gewicht um 20 abnimmt für 5° Wärmezunahme, also um 8 für 2°.

				Unterschied
Bei 72° beobachtet			9450	
40 Alkohol-Gehalt	9472	weniger 8 ist	9464	14
45 " "	9385	" 8 "	9377	87

87 : 5 = 14? geben beinahe 1.

Also Alkoholgehalt 41

und 217 Quart also beinahe 89.

Im vorigen Beispiele fanden wir bei denselben Zahlen, aber 70° Wärme, $89^{6}/_{10}$ Quart; diese Abweichung ist ein Effect der Temperatur und zeigt, wie viel man vernachlässigt, wenn man auf die einzelnen Thermometergrade nicht achten will, sondern sich mit den Angaben der Tafel begnügt, oder wie viel man im Resultate fehlt, wenn man das Thermometer nicht genau beobachtet.

Es ist zu bemerken, daß statt der letztern Tafel eine andere berechnet werden könnte, welche zu bestimmten specifischen Gewichten den Alkoholgehalt bei verschiedenen Temperaturen angäbe. Es müßte nämlich nach Anleitung des erst gegebenen Beispiels berechnet werden, welche Alkoholgehalte bei 30, 35, 40 u. s. bis 85 Grad dem specifischen Gewichte von 9950, dem von 9900 u. s. w. entsprächen. So erhielte man eine Tafel, in deren erster Spalte die scheinbaren specifischen Gewichte nach der Ordnung ständen, und worin die übrigen mit den verschiedenen

Wärmegraden überschriebenen Spalten die entsprechenden Alkoholgehalte enthielten. Diese Tafel hätte ihre Bequemlichkeit, doch würde auch sie, ohne etwas Rechnung, nicht ganz brauchbar sein.

Weiter handelt Tralles von den Mitteln, um das specifisch Gewicht der Flüssigkeiten auszumitteln. Er empfiehlt namentlich sein schon früher beschriebene hydrostatische Wage (s. S. 281 f.)

Damit die Wage zu dem gegenwärtigen Zwecke am bequemsten sei muß der Künstler die Gewichte so einrichten, daß die Einheit derselben $\frac{1}{9978}$ des Gewichts der Wage und derjenigen Belastung der selben sei, mit der sie in destillirtem Wasser von 60° F. Temperatur bis zu dem angenommenen Zeichen eingetaucht schwimmt. Ferner muß auf d Schale eine Zahl bemerkt werden, die um 13 größer ist, als das Gewicht der Wa sammt ihrer bloßen Schale, wenn beide in freier Luft abgewogen werden. Wi dann diese Wage in irgend eine Flüssigkeit gesenkt und mit dem ihr zugehörigen G wichte beladen, bis sie genau an das Zeichen (oder die Mitte) des Halses in Flüssigkeit kommt, so ist die Summe der auf der Schale liegenden Gewichte u der auf dieser angezeigten Zahl das, was wir scheinbares specifisches G wicht genannt haben.

Endlich giebt Tralles Anweisung zur Herstellung der gebräuchlichen Scal räometer für Weingeist, der Alkoholometer mit einer Scale, welche den Alkoh gehalt nach Volumenprocenten direct angiebt. Die Spindeln, in Form der al gewöhnlichsten Aräometer, mit langen cylindrischen oder wenigstens durchaus so als möglich gleich dicken Hälsen, werden für 60° Temperatur richtig verfertigt. jedem reinen Lutter oder Branntweine von dieser Temperatur zeigt dann der Pu bis an welchen die Spindel einsinkt, wie viel Quart Alkohol in hundert des G ters oder Branntweins enthalten sind. Zur Herstellung und Prüfung sol Spindeln dient die folgende Tafel, welche die verhältnißmäßige Größe der G des Alkoholometers angiebt, in der Voraussetzung, die Röhre desselben habe du gehends gleiches Volumen für gleich lange Theile derselben. Die erste Sp enthält den Alkoholgehalt in Maßen, deren die Mischung 100 hat. Die zwe zeigt die Stelle an, wo das dem Alkoholgehalt entsprechende Zeichen sich fi muß, und zwar durch die Entfernung von einem Punkte, über welchen sich Aräometer im Wasser nie erhebt. Die dritte Spalte enthält die Größe Grade, oder die Länge des Theils der Röhre, welcher sich in die Flüssigkeit senken muß, wenn ihr Alkohol-Gehalt um 1 zunimmt.

V. Tafel für Alkoholometer, für 60° F. Wärme.

Alkoholgehalt nach dem Volumen	Länge des sich einsenkenden Theils d. Halses	Größe des Intervalls	Alkoholgehalt nach dem Volumen	Länge des sich einsenkenden Theils d. Halses	Größe des Intervalls
0	9		50	712	
		15			23
1	24	15	51	735	23
2	39	15	52	758	24
3	54	14	53	782	24
4	68	14	54	806	24
5	82	13	55	830	24
6	95	13	56	854	25
7	108	13	57	879	26
8	121	12	58	905	26
9	133	12	59	931	26
10	145	12	60	957	27
11	157	12	61	984	27
12	169	11	62	1011	28
13	180	11	63	1039	28
14	191	11	64	1067	29
15	202	11	65	1096	29
16	213	11	66	1125	29
17	224	11	67	1154	30
18	235	10	68	1184	31
19	245	10	69	1215	31
20	256	10	70	1246	32
21	266	11	71	1278	32
22	277	11	72	1310	32
23	288	11	73	1342	33
24	299	11	74	1375	34
25	310	11	75	1409	34
26	321	11	76	1443	35
27	332	12	77	1478	36
28	344	11	78	1514	36
29	355	12	79	1550	37
30	367	13	80	1587	37
31	380	13	81	1624	38
32	393	14	82	1662	39
33	407	13	83	1701	39
34	420	14	84	1740	41
35	434	15	85	1781	42
36	449	16	86	1823	43
37	465	16	87	1866	44
38	481	17	88	1910	45
39	498	17	89	1955	47
40	515	18	90	2002	48
41	533	18	91	2050	49
42	551	18	92	2099	51
43	569	18	93	2150	53
44	588	20	94	2203	56
45	608	20	95	2259	59
46	628	20	96	2318	62
47	648	21	97	2380	67
48	669	21	98	2447	72
49	690	22	99	2519	78
			100	2597	

Wenn ein Künſtler ein Alkoholometer verfertigen will, ſo muß er mit der hydroſtatiſchen Wage oder auf eine andere zuverläſſige Weiſe das ſpecifiſche Gewicht irgend einer leichteren Flüſſigkeit als Waſſer nebſt dem entſprechenden Alkoholgehalt für 60° F. Wärme beſtimmen, wobei er ſich alſo der angegebenen Tafel I. zu bedienen hat. Dann wird das bis auf die Eintheilung des Halſes ſchon vollendete Aräometer in eben die Flüſſigkeit bei 60° Temperatur gethan und genau bemerkt, wie weit es einſinkt. Ferner wird der Punkt auf dem Halſe bemerkt, bis zu welchem das Aräometer in reinem Waſſer von 60° Wärme ſich einſenkt. Der Zwiſchenraum zwiſchen dieſen zwei bemerkten Punkten wird nach vorſtehender Tafel eingetheilt. Dies zu erläutern diene folgendes Beiſpiel:

Dem ſpecifiſchen Gewichte der leichtern Flüſſigkeit entſpreche ein Alkoholgehalt von 73. Aber für 73 muß die Länge des einſinkenden Theils des Halſes, der Tafel zufolge, ſein 1342
für reines Waſſer, desgl. 9
Differenz oder Länge des Zwiſchenraums 1333

Es muß alſo der Zwiſchenraum angenommen werden, welchen die beiden Punkte haben, und der Künſtler muß dieſen in 1333 Theile theilen.

Von ſolchen Theilen trägt der Künſtler 9 unterhalb des im Waſſer beobachteten Zeichens am Halſe auf, und von dieſem niedrigſten Punkte ab ſchreibt er nach einander alle die Zahlen in die Höhe, welche für jedes Quart Alkoholgehalt in 100 Quart Branntwein in der Tafel angegeben ſtehen. Iſt dieſes geſchehen, ſo iſt die Scale des Alkoholometers fertig, in der Vorausſetzung, der Hals ſei durchgehends von gleichem Caliber.

Iſt dieſes nicht der Fall, oder überhaupt da der Künſtler davon nicht voll kommen ohne Proben überzeugt ſein kann, ſo ſenkt er ſein noch einzutheilendes Aräometer in Flüſſigkeiten von mehrerem und minderem Alkoholgehalte, der zuvor durch die hydroſtatiſche Wage bei 60° Temperatur gefunden iſt, bemerkt die Stellen bis an welche das Aräometer in dieſen Flüſſigkeiten einſinkt, und theilt nun die verſchiedenen Zwiſchenräume jeden beſonders nach Maßgabe der Tafel ein.

Geſetzt, man bemerke die Punkte von 73, 51, 27 auf dem Halſe,

			Unterſchiede
73	entſprechen	1342	607
51	=	735	403
27	=	332	

ſo müſſen 607 eben ſolche Theile, von welchen das untere Intervall (zwiſchen 73 und 51) 403 enthält, das obere Intervall geben, welches alſo faſt genau um ½ Hälfte länger als das untere ſein muß. Hat dieſes nicht ſtatt, ſo muß jeder Zwiſchenraum für ſich in die ihm zukommende Zahl von Theilen getheilt werden. Man werden von ſolchen, deren das untere 403 hat, vom Punkte, der 27 Alkoholgehalt bezeichnet, aus, 12, 23, 35, 48 ꝛc. Theile aufgetragen, um die Punkte für 28, 29, 30, 31 ꝛc. Alkoholgehalt zu bekommen. Auf dieſelbe Art trägt man von denjenigen Theilen, deren das obere Intervall 607 hat, vom Punkte, der 51 Alkoholgehalt zugehört, 23, 47, 71, 95 ꝛc. in die Höhe, wodurch ſich die Punkte für 52, 53, 54, 55 u. ſ. f. Alkoholgehalt ergeben. Je unregelmäßiger der Hals iſt, deſto mehr Zwiſchenräume hat der Künſtler durch beſondere Verſuche zu erproben und zu beſtimmen.

Vermittelst einer solchen Spindel findet man unmittelbar den Alkoholgehalt einer Flüssigkeit, in welcher sie eingesenkt wird, aber nur unter der Bedingung, daß die Temperatur derselben 60° F. sei. Es ist also erforderlich, die Veränderungen anzugeben, welche entstehen, wenn sich diese Temperatur ändert. Folgende Tafel giebt dafür die nöthige Uebersicht.

VI. Tafel, um den wirklichen Alkohol-Gehalt aus den Anzeigen des Aräometers bei verschiedenen Temperaturen zu finden.

Wirklicher Alkoholgehalt in Procenten	Angabe eines Glasaräometers bei den Temperaturen										
	30°	35°	40°	45°	50°	55°	65°	70°	75°	80°	85° F.
0	—0,2	—0,4	—0,4	—0,5	—0,4	—0,2	0,2	0,6	1,0	1,4	1,9
5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3
10	9,1	9,0	9,1	9,2	9,3	9,7	10,4	11,0	11,6	12,3	13,0
15	13,0	13,1	13,3	13,2	14,1	14,5	15,6	16,3	17,1	18,0	19,0
20	16,5	16,9	17,4	17,9	18,5	19,2	20,8	21,8	22,9	23,9	25,0
25	19,8	20,5	21,3	22,2	23,0	24,1	25,9	27,1	28,3	29,5	30,7
30	23,3	24,3	25,5	26,5	27,6	28,8	31,2	32,3	33,5	34,6	35,9
35	27,7	28,9	30,2	31,4	32,6	33,8	36,3	37,5	38,6	39,7	40,9
40	32,5	33,8	35,1	36,5	37,7	38,9	41,2	42,4	43,5	44,6	45,8
45	37,8	39,1	40,3	41,5	42,7	43,8	46,2	47,3	48,5	49,6	50,8
50	43,1	44,2	45,4	46,6	47,7	48,9	51,1	52,2	53,4	54,5	55,6
55	48,3	49,4	50,5	51,6	52,8	53,9	56,1	57,2	58,3	59,4	60,5
60	53,4	54,5	55,6	56,7	57,8	58,9	61,1	62,2	63,3	64,4	65,5
65	58,4	59,5	60,6	61,7	62,8	63,9	66,0	67,1	68,2	69,3	70,4
70	63,5	64,6	65,7	66,8	67,9	69,0	71,0	72,1	73,2	74,2	75,4
75	68,6	69,7	70,7	71,8	72,9	74,0	76,0	77,1	78,2	79,2	80,3
80	73,7	74,8	75,8	76,9	78,0	79,0	81,0	82,1	83,1	84,1	85,2
85	78,8	79,8	80,9	81,9	83,0	84,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0
90	84,0	85,1	81,1	87,1	88,1	89,1	91,0	91,9	92,8	93,7	94,6

Anmerkung. Die Striche — vor den Zahlen der obersten Reihe sollen anzeigen, daß das Aräometer unter 0 steht.

Beim Gebrauche dieser Tafel wird erfordert, daß das Volumen bei eben der Temperatur bestimmt werde, bei welcher die Flüssigkeit vermittelst des Aräometers erprobt wird.

Den Gebrauch der Tafel zu erläutern dienen folgende Beispiele:

Gesetzt, von 312 Quart Branntwein bei der Temperatur von 75° F. zeige das Aräometer 46,3 Alkoholgehalt an, wie viel Alkoholgehalt ist in der gegebenen Quantität Branntwein wirklich vorhanden?

In der Spalte von 75° finden sich die dem beobachteten Gehalte am nächsten kommenden

43,5 } entsprechend dem wirklichen Alko- { 40 } in Spalte 1.
48,5 } holgehalte { 50 }

Also zeigt das Aräometer zuviel . . . . . $3^5/_{10}$
beobachtet ist . . . . . $46^3/_{10}$

Also der wahre Gehalt . . . . . $42^8/_{10}$

Aber 100 geben $42^{8}/_{10}$, wie viel geben 312 Quart? Antwort: $133^{1}/_{2}$ Quart, gesuchte Quantität des Alkohols.

Zweites Beispiel. Bei 35° F. sei in einem Lutter des Aräometers Anzeige $14^{2}/_{10}$; was ist dessen wahrer Alkoholgehalt?

Aus der Spalte 35°		Aus der Spalte 1	Unterschied des scheinb. u. wahren Gehalts
13,1	machen an wahrem Alkoholgehalt	15	1,9
16,9		20	3,1

Daher ist bei $14^{2}/_{10}$ der wahre Alkoholgehalt mehr als $1^{9}/_{10}$, aber nicht um $3^{1}/_{10}$ größer.

Um genauer zu finden, wie viel man zu $14^{2}/_{10}$ hinzusetzen muß, um den wahren Alkoholgehalt zu haben, nimmt man die Differenz der ersten und die Differenz der letzten Ziffer, auch die Differenz des beobachteten scheinbaren Alkoholgehalts, die das Aräometer anzeigte, und der kleinsten von den beiden ersten Zahlen, und sucht zu diesen dreien nach der Regeldetri die vierte Zahl, welche zum kleinsten der Unterschiede zwischen dem scheinbaren und wahren Alkoholgehalt hinzugefügt denjenigen giebt, den man sucht. Dieser wiederum zur beobachteten Anzeige des Aräometers addirt giebt den verlangten Alkoholgehalt. Also stellt sich die ganze Rechnung so:

Diff. $14^{2}/_{10}$			Unterschied
$1^{1}/_{10}$	$13^{1}/_{10}$	15 Diff. $1^{9}/_{10}$	$1^{2}/_{10}$
$3^{8}/_{10}$	$16^{9}/_{10}$	20 Diff. $3^{1}/_{10}$	

$3^{8}/_{10}$ geben $1^{2}/_{10}$, was geben $1^{1}/_{10}$?

oder 38 geben 12, was geben $1^{1}/_{10}$? Antwort: $^{3}/_{10}$

hierzu addirt	$1^{9}/_{10}$
Summe oder wie viel das Aräometer zu wenig angiebt	$2^{2}/_{10}$
des Aräometers Anzeige	$14^{2}/_{10}$
wahrer Alkoholgehalt	$16^{4}/_{10}$

Hätte man ohne Rechnung bloß eine zwischen $1^{9}/_{10}$ und $3^{1}/_{10}$ fallende Zahl genommen und als wahren Unterschied des wirklichen und des angegebenen Alkoholgehalts betrachtet, so würde man kaum um $^{1}/_{3}$ einer Abtheilung ($^{1}/_{3}$ Proc. Alkoholgehalt) irren können, ohne jene Rechnung anzustellen. Dieser Rechnung lieſe sich jedoch auch dadurch ausweichen, daß man der Tafel eine größere Ausdehnung gäbe.

Noch kann man sich auch die Frage vorlegen, wenn die Temperatur nicht gerade in den Tafeln vorhanden wäre, wie ist dann der Alkoholgehalt zu finden?

Es bleibe die Zahl des vorigen Beispiels, aber die Temperatur sei 37° für der vorher angenommenen 35°.

Weil 37 den 35 am nächsten kommen, so bleiben auch Zahlen und Rechnung wie zuvor. Nun muß man noch zusehen, wie viel bei 40° die Zahlen der Spalten größer sind als bei 35.

35°	40°	
13,1	13,3	Differenz $2^{2}/_{10}$
16,9	17,4	= $^{5}/_{10}$

Also für $14^{2}/_{10}$ fällt sie zwischen beiden und kann angenommen werden $^{3}/_{1}$

Diese $^3/_{10}$ aber entstehen durch 5° Aenderung in der Temperatur und die 37°, bei welchen die Beobachtung stattgefunden, sind nur 2° von 35° verschieden. Also sagt man:

5° geben $^3/_{10}$, was geben 2°? Antw.: $^1/_{10}$.

Alles dieses läßt sich ohne Rechnung gleichsam aus dem Ansehen der Tafel errathen.

Dieses $^1/_{10}$ muß von der vorher gefundenen Differenz zwischen der Anzeige des Aräometers und dem wahren Alkoholgehalt subtrahirt werden, weil dieser Unterschied geringer wird, wenn die Wärme näher an 60 kommt,

also	$^1/_{10}$
subtrahirt von dem oben gefundenen	$2^2/_{10}$
wirklicher Unterschied zwischen Angabe des Aräometers bei 37 Gr. und wahrem Alkoholgehalt	$2^1/_{10}$
Angabe des Aräometers	$14^2/_{10}$
wirklicher Alkoholgehalt	$16^3/_{10}$

Eine ähnliche Tafel, wie die vorige, für messingene Proben darf nicht übergangen werden, wenn sie gleich an einigen Stellen wenig von der vorigen abweicht. Ihr Gebrauch ist derselbe, wie der der vorigen Tafel. Sie muß angewandt werden, wenn man mit einem Aräometer von Messing beobachtet. Der Gebrauch eines solchen Aräometers ohne Vergoldung ist indeß wenig rathsam, und selbst wenn es vergoldet ist, kann man mit ihm keine große Genauigkeit erzielen, weil die Einschnitte der Theilstriche der freien ungestörten Bewegung desselben in Bier und andern Flüssigkeiten gleich hinderlich sind.

II. Tafel, um den wirklichen Alkoholgehalt aus dem scheinbaren zu finden.

Wirklicher Alkoholgehalt	Scheinbare Alkoholgehalts-Anzeige des messingenen Probers bei den Temperaturen						Wirklicher Alkoholgehalt	Scheinbare Alkoholgehalts-Anzeige des messingenen Probers bei den Temperaturen				
	30°	35°	40°	45°	50°	55° F.		65°	70°	75°	80°	85° F.
0	—0,1	—0,1	—0,2	—0,3	—0,3	—0,2	0	0,2	0,5	0,9	1,2	1,7
5	4,8	4,8	4,7	4,8	4,7	4,8	5	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0
10	9,4	9,4	9,4	9,4	9,5	9,7	10	10,3	10,8	11,4	12,0	12,6
15	13,5	13,6	13,7	14,0	14,6	15	15,5	16,2	17,0	17,7	18,6	
20	17,0	17,3	17,7	18,1	18,7	19,3	20	20,7	21,6	22,7	23,7	24,6
25	20,3	20,9	21,6	22,4	23,3	24,2	25	25,8	26,9	28,1	29,2	30,3
30	23,8	24,7	25,8	26,8	27,8	28,9	30	31,1	32,2	33,3	34,4	35,5
35	28,2	29,3	30,4	31,6	32,8	33,9	35	36,2	37,3	38,4	39,5	40,7
40	32,9	34,1	35,4	36,7	37,9	39,0	40	41,1	42,2	43,4	44,5	45,6
45	38,1	39,3	40,4	41,6	42,7	43,9	45	46,1	47,2	48,3	49,4	50,5
50	43,4	44,5	45,6	46,7	47,8	48,9	50	51,1	52,2	53,3	54,4	55,5
55	48,5	49,6	50,7	51,8	52,9	54,0	55	56,0	57,1	58,2	59,3	60,4
60	53,6	54,6	55,7	56,8	57,8	58,9	60	61,0	62,1	63,2	64,3	65,3
65	58,6	59,7	60,7	61,8	62,8	63,9	65	66,0	67,1	68,1	69,2	70,2
70	63,7	64,8	65,8	66,9	67,9	69,0	70	71,0	72,1	73,1	74,2	75,2
75	68,8	69,8	70,9	71,9	72,9	74,0	75	76,0	77,0	78,1	79,1	80,1
80	73,9	74,9	75,9	76,9	78,0	79,0	80	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0
85	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85	86,0	87,0	88,0	88,9	90,9
90	84,2	85,2	86,2	87,2	88,1	89,1	90	90,9	91,9	92,8	93,7	94,5

Die eben gegebenen Tafeln bieten auch ein Mittel dar, vermittelst des spezifischen Gewichts den Alkoholgehalt bei jeder Temperatur zu finden.

Mit dem beobachteten spezifischen Gewichte bei irgend einer Temperatur such man aus der allererſten Tafel den Alkoholgehalt, als ob die Flüſſigkeit die Temperatur von 60° gehabt hätte. Mit dieſem dort gefundenen Gehalte tritt man i die Spalte der beobachteten wirklichen Temperatur in dieſen letzten Tafeln (in d für Glas oder Meſſing, je nachdem die Wage von der einen oder andern Mater iſt) und ſucht den wahren Alkoholgehalt, welcher dem aus der erſten Tafel gefun denen ſcheinbaren entſpricht.

Sowie dieſe Tafeln VI., VII. ähnlich der IV. den Alkoholgehalt geben, wen das Volumen der Branntweine bei derſelben Temperatur gemeſſen iſt, als bei we cher die Aräometer-Angabe genommen wird, ſo giebt hingegen folgende Tafel d Gehalt für verſchiedene Temperaturen unter der Vorausſetzung, das Volumen d Branntweins ſei für 60° F. Wärme gegeben, ähnlich der III. Tafel.

VIII. Tafel.

Angabe eines gläſernen Alkoholometers bei den Temperaturen

30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
—0,2	—0,4	—0,4	—0,5	—0,4	—0,2	0	0,2	0,6	1,0	1,4	1,
4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	5	5,3	5,8	6,2	6,7	7,
9,1	9,0	9,1	9,2	9,3	9,7	10	10,4	11,0	11,6	12,3	13,
13,0	13,1	13,3	13,5	13,9	14,5	15	15,6	16,3	17,1	18,0	19.
16,5	16,9	17,4	17,8	18,5	19,2	20	20,8	21,8	22,8	23,8	24.
19,9	20,6	21,4	22,2	23,0	24,1	25	25,9	27,0	28,2	29,4	30.
23,5	24,5	25,7	26,6	27,7	28,8	30	31,1	32,2	33,4	34,5	35.
28,0	29,2	30,4	31,6	32,7	33,8	35	36,2	37,3	38,4	39,5	40.
33,0	34,2	35,4	36,7	37,8	39,0	40	41,1	42,2	43,3	44,3	45.
38,4	39,6	40,7	41,8	42,9	43,9	45	46,1	47,1	48,2	49,2	50.
43,7	44,7	45,8	46,9	47,9	49,0	50	51,0	52,0	53,0	54,0	55.
49,0	50,7	51,0	52,0	53,0	54,0	55	54,9	56,9	57,9	58,9	59
54,2	55,2	56,2	57,1	58,1	59,0	60	60,9	61,9	62,9	63,8	64
59,4	60,3	61,2	62,2	63,1	64,0	65	65,9	66,8	67,7	68,6	69
64,6	65,5	66,4	67,3	68,2	69,1	70	70,8	71,7	72,6	73,5	74
69,8	70,7	71,5	72,4	73,3	74,2	75	75,8	76,7	77,6	78,4	79
75,0	75,8	76,6	77,5	78,4	79,2	80	80,8	81,7	82,4	83,2	84
80,3	81,1	81,8	82,6	83,5	84,3	85	85,7	86,5	87,3	88,0	88
85,6	86,4	87,1	87,9	88,6	89,3	90	90,7	91,4	92,0	92,7	93

Dieſe Tafel bedarf weiter keiner Erläuterung; alle Zahlen derſelben R ſind Angaben des Alkoholometers für einerlei Gehalt, nämlich für denjenigen, bei 60° F. ſtatthat. Jene Angaben unter den von 60° abweichenden Temp turen ſind alſo nicht reelle, ſondern ſcheinbare, und der wirkliche Gehalt, dem entſprechen, muß in derſelben Zeile und in der Spalte 60° genom werden.

Wenn ein Branntwein, deſſen wirklicher Gehalt bei 60° F. 40 iſt, bis 85° erwärmt wird, ſo ſinkt das Aräometer in ihm bis auf $45^4/_{10}$ Gehalts-Anz ein. Dieſes giebt die Tafel an und zeigt daher auch an, daß bei dieſem Gehalte i dieſer Temperatur die Anzeige des Alkoholometers um $45^4/_{10}$ weniger 40, d.

um $5^{1}/_{10}$ verringert werden müſſe, um den wirklichen Gehalt zu haben, welchen auch daſſelbe Aräometer angegeben hätte, hätte man zuerſt dem Branntweine die Temperatur von 60° F. gegeben.

Poggendorff *) bemerkt: Tralles' Tafeln ſind zum praktiſchen Gebrauch weder bequem noch ausführlich genug, und daher kommt es, daß man ſich ſelbſt in Berlin einer unglaublich rohen und offenbar unrichtigen Methode zur Correction des Einfluſſes der Temperatur bedient. Die Berliner Alkoholometer ſind nämlich mit zwei Scalen verſehen, einer Tralles'ſchen und einer Richter'ſchen (ſ. d. Folg.) Wenn nun das Thermometer nicht gerade 12°,5 R. anzeigt, für welche Temperatur das Alkoholometer conſtruirt iſt, ſo geht man von dem Punkte, welchen die Tralles'ſchen Scale unmittelbar für einen Weingeiſt angiebt, zu dem gegenüberliegenden der Richter'ſchen Scale über, zählt auf dieſer Scale ſo viele Grade auf- oder abwärts, als das Thermometer unter oder über 12°,5 R. ſteht, und geht dann wieder zu dem gegenüberliegenden Punkte der Tralles'ſchen Scale zurück. Poggendorff meint, man ſollte den Tralles'ſchen Tafeln VI., VII. und VIII. die Form und Ausdehnung geben, welche die ſogleich zu erwähnenden von Gay-Luſſac haben **).

Die ſehr ausführliche Bearbeitung des ſo wichtigen Gegenſtandes von Gay-Luſſac ***) bezieht ſich auf ſein in Frankreich ſtatt des früher üblichen Carny'ſchen Inſtrumentes eingeführtes Centeſimal-Alkoholometer. Daſſelbe hat die Form eines gewöhnlichen Aräometers und giebt, wie das von Tralles angegebene Inſtrument, den Gehalt an Alkohol in Volumenprocenten, aber die Scale iſt für eine Normaltemperatur von 15° C. (= 59° F.) entworfen. Die Beſtimmungen, von welchen Gay-Luſſac ausging, ſind nach Berzelius folgende.

Alkoholgehalt nach Gay-Luſſac's Alkoholometer. Volumenproc.	Specifiſches Gewicht des Weingeiſtes bei 15° C.	Alkoholgehalt nach Gay-Luſſac's Alkoholometer. Volumenproc.	Specifiſches Gewicht des Weingeiſtes bei 15° C.
100	0,7947	60	0,9141
95	0,8168	55	0,9248
90	0,8346	50	0,9348
85	0,8502	45	0,9440
80	0,8645	40	0,9523
75	0,8799	35	0,9595
70	0,8907	10	0,9656
65	0,9027	0	1,0000

*) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 478.

**) Dieſem Wunſche dürfte wenigſtens theilweiſe entſprochen ſein durch das Werkchen: Tabellen zur Berechnung der in dem Gewichte von Spiritus enthaltenen Anzahl Quartiere in Volumenprocente abſoluten Alkohol. Berechnet für die Alkoholgrade von 75 Proc. bis 92 Proc. nach dem Alkoholometer von Tralles, und zwar auf Grundlage des preuß. Berl. Handelsgewichtes für preuß., hannov. und braunſchw. Quartiere. 2. Aufl. Braunſchweig, 1848.

***) Instruction pour l'usage de l'Alcoholomètre centésimal et des Tables qui l'accompagnent. Paris, 1824.

Eine wenig davon abweichende Tafel hat Marozeau durch Versuche m einem Gay-Luſſac'ſchen Alkoholometer entworfen.

Volumenprocente Alkohol nach Gay-Luſſac	Dichtigkeit	Volumenprocente Alkohol nach Gay-Luſſac	Dichtigkeit	Volumenprocente Alkohol nach Gay-Luſſac	Dichtigkeit
0	1,000	34	0,962	68	0,896
1	0,999	35	0,960	69	0,893
2	0,997	36	0,959	70	0,891
3	0,996	37	0,957	71	0,888
4	0,994	38	0,956	72	0,886
5	0,993	39	0,954	73	0,884
6	0,992	40	0,953	74	0,881
7	0,990	41	0,951	75	0,879
8	0,989	42	0,949	76	0,876
9	0,988	43	0,948	77	0,874
10	0,987	44	0,946	78	0,871
11	0,986	45	0,945	79	0,869
12	0,984	46	0,943	80	0,866
13	0,983	47	0,941	81	0,863
14	0,982	48	0,940	82	0,860
15	0,981	49	0,938	83	0,857
16	0,980	50	0,936	84	0,854
17	0,979	51	0,934	85	0,851
18	0,978	52	0,932	86	0,848
19	0,977	53	0,930	87	0,844
20	0,976	54	0,928	88	0,840
21	0,975	55	0,926	89	0,836
22	0,974	56	0,924	90	0,832
23	0,973	57	0,922	91	0,828
24	0,972	58	0,920	92	0,823
25	0,971	59	0,918	93	0,818
26	0,970	60	0,915	94	0,812
27	0,969	61	0,913	95	0,806
28	0,968	62	0,911	96	0,800
29	0,967	63	0,909	97	0,793
30	0,966	64	0,906	98	0,785
31	0,965	65	0,904	99	0,776
32	0,964	66	0,902	100	0,767
33	0,963	67	0,899		

Bei dieſen Tafeln iſt, wie man ſieht, das ſpecifiſche Gewicht des Wa bei 15° C. zur Einheit genommen, während dies bei Tralles = 0,991 geſetz Allein ſelbſt wenn man dies berückſichtigt, bieten ſie noch kleine Unterſchiede den Tralles'ſchen dar, ſo daß zu glauben ſteht, Gay-Luſſac habe ſich der Conſtruction ſeines Inſtrumentes nicht der Gilpin'ſchen Verſuche bed ſondern eigene zu dieſem Behufe unternommen *).

Die erſte der von Gay-Luſſac mitgetheilten Tafeln führt den T Table de la force réelle des liquides spiritueux. Sie entſpricht der Tafel

*) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 235.

bei Tralles, und giebt, wenn man das Inſtrument bei irgend einer Temperatur zwiſchen 0° und 30° in die weingeiſtige Flüſſigkeit eingetaucht hat, aus den beobachteten Graden die Grade oder Volumenprocente, welche das Inſtrument bei der Normaltemperatur 15° C. anzeigen würde.

Giebt das Alkoholometer z. B. in einem Weingeiſt von 25° C. Temperatur 59 Volumenprocente an, ſo ſucht man die Zahl 59 in der oberſten Querſpalte auf und geht in der von ihr bezeichneten Längenſpalte herunter, bis man der Temperatur 25° gegenüber iſt. Daſelbſt findet man die Zahl 55,5. Dies will ſagen: in hundert Maß des Weingeiſtes würden 55,5 Maß abſoluten Alkohols (von 15° C. Temperatur) enthalten ſein, wenn erſterer die Temperatur 15° C. beſäße. Allein der Weingeiſt beſaß die Temperatur 25°, und man kann demnach fragen, wie viel 1000 Maß von ihm bei dieſer Temperatur an abſolutem Alkohol von 15° C. enthalten. Zur Beantwortung dieſer Frage dient die Zahl 992, welche man unter der Zahl 55,5 angegeben findet. Mit ihr multiplicirt man die Zahl 55,5, nachdem man ſie durch 100 dividirt hat; das Product iſt die Zahl der Maße abſoluten Alkohols von 15° C., die bei 25° C. in 1000 Maß des geprüften Weingeiſtes enthalten ſind. Für das angeführte Beiſpiel hat man ſo

$$992 \times 0{,}555 = 550{,}56;$$

1000 Maß des geprüften Weingeiſtes von 25° C. enthalten demnach 550,56 Maß abſoluten Alkohols von 15° C.

Alkoholgehalt, den ein Weingeist bei 15° C. besitzen würde, aus den Anzeigen eines bei anderen Temperaturen in ihn eingetauchten Centesimal-Alkoholometers zu finden.

Temperatur	1 C.	2 C.	3 C.	4 C.	5 C.	6 C.	7 C.	8 C.	9 C.	10 C.
0°	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,5	7,5	8,6	9,7	10,9
	1000	1000	1000	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001
1										
2										
3										
4										
5	1,4	2,5	3,5	4,5	5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
6										
7										
8										
9										
10	1,4	2,4	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,6
	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
11	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,5
	1000	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
12	1,2	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
13	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
14	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2

Temperatur	1 C.	2 C.	3 C.	4 C.	5 C.	6 C.	7 C.	8 C.	9 C.	10 C.
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
18	0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
19	0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20	0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,3	9,3
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
21	0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
22	0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7	7,9	8,9
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
23	0,1	1,1	2,1	3,1	4	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7
	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998
24		0,9	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
25		0,8	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
26		0,7	1,6	2,6	3,5	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
27		0,5	1,5	2,4	3,3	4,3	5,2	6,1	7	7,9
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
28		0,3	1,3	2,2	3,1	4,1	5	5,9	6,8	7,7
		997	997	997	997	997	997	997	997	997
29		0,1	1,1	2	2,9	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5
										997

Temperatur	11 C.	12 C.	13 C.	14 C.	15 C.	16 C.	17 C.	18 C.	19 C.	20 C.
0°	12,2	13,4	14,7	16,1	17,5	18,9	20,3	21,6	22,9	24,2
	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
1		13,4	14,7	16	17,3	18,7	20	21,3	22,6	23,9
		1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
2		13,4	14,7	16	17,2	18,5	19,8	21,1	22,3	23,6
		1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
3		13,3	14,6	15,9	17,1	18,3	19,6	20,8	22	23,3
		1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004
4		13,3	14,5	15,8	16,9	18,1	19,4	20,6	21,8	23
		1001	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
5	12,1	13,2	14,4	15,7	16,8	18	19,2	20,4	21,5	22,7
	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
6		13,1	14,3	15,6	16,7	17,8	19	20,2	21,3	22,4
		1001	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
7		13	14,2	15,4	16,6	17,7	18,8	20	21	22,1
		1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002
8		13	14,1	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,7	21,8
		1001	1001	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002
9		12,9	14	15,1	16,2	17,3	18,4	19,5	20,5	21,6
		1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1002	1002
10	11,7	12,7	13,8	14,9	16	17	18,1	19,2	20,2	21,3
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
11	11,6	12,6	13,6	14,7	15,8	16,8	17,9	19	20	21
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
12	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,6	17,6	18,7	19,7	20,7
	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
13	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,5	19,5	20 5
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
14	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Temperatur	11 C.	12 C.	13 C.	14 C.	15 C.	16 C.	17 C.	18 C.	19 C.	20 C.
15	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	10,8	11,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	999	999
18	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	18 2	19,1
	1000	1000	999	999	999	999	999	999	999	999
19	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17	17 9	18,8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20	10,3	11,2	12,2	13,1	14	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
21	10,1	11	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17.3	18,2
	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998
22	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17	17,9
	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998
23	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,1	15	15,9	16,7	17,6
	998	998	988	998	998	998	998	998	998	998
24	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
25	9,3	10,2	11,1	12	12,8	13,6	14,5	15,4	16,2	17,1
	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997
26	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1	15,9	16,8
	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997
27	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,1	14	14,8	15,6	16,5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
28	8,6	9,5	10,3	11,2	12	12,8	13,7	14,5	15 3	16,1
	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996
29	8,4	9,2	10,1	11	11,8	12,6	13,4	14,2	15	15,8
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
30	8,1	9	9,8	10,7	11,5	12,3	13,1	13,9	14,7	15,5
	997	996	996	996	996	996	996	996	996	996

Temperatur	21 C.	22 C.	23 C.	24 C.	25 C.	26 C.	27 C.	28 C.	29 C.	30 C.
0°	25,6	27	28,4	29,7	30,9	32,1	33,2	34,3	35,3	36,3
	1005	1005	1006	1006	1007	1007	1007	1008	1008	1008
1	25,3	26,7	28	29,2	30,4	31,6	32,7	33,8	34,8	35,8
	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1008
2	24,9	26,3	27,5	28,8	30	31,2	32,3	33,3	34,4	35,4
	1004	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1007	1007
3	24,6	25,9	27,1	28,4	29,6	30,8	31,9	32,9	33,9	34,9
	1004	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1007	1007
4	24,3	25,6	26,8	28	29,2	30,4	31,4	32,5	33,5	34,5
	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006
5	24	25,2	26,4	27,6	28,8	30	31	32,1	33,1	34,1
	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005
6	23,6	24,9	26	27,2	28,4	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6
	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005
7	23,3	24,6	25,7	26,9	28	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2
	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004	1004
8	23	24,2	25,3	26,5	27,6	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8
	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
9	22,7	23,9	25	26,1	27,2	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4
	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003
10	22,4	23,5	24,6	25,7	26,8	27,9	29	30	31	32
	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
11	22,1	23,2	24,3	25,4	26,5	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6
	1001	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002
12	21,8	22,9	24	25,1	26,1	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
13	21,5	22,6	23,6	24,7	25,7	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
14	21,2	22,3	23,3	24,3	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Temperatur	21 C.	22 C.	23 C.	24 C.	25 C.	26 C.	27 C.	28 C.	29 C.	30 C.
15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6	27,6	28,6	29,6
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
18	20,1	21,1	22	23	24	25	25,9	26,9	27,8	28,8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
19	19,8	20,8	21,7	22,7	23,6	24,6	25,5	26,5	27,4	28,4
	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998
20	19,5	20,5	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,1	27,1	28
	999	998	998	998	998	998	998	998	998	998
21	19,1	20,1	21,1	22,1	23	23,9	24,8	25,7	26,7	27,6
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
22	18,8	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,4	25,3	26,3	27,2
	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997
23	18,5	19,5	20,4	21,4	22,3	23,2	24,1	25	25,9	26,8
	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997
24	18,3	19,2	20,1	21,1	21,9	22,8	23,7	24,6	25,5	26,4
	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996
25	18	18,9	19,8	20,7	21,6	22,5	23,3	24,3	25,2	26,1
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
26	17,7	18,6	19,5	20,4	21,3	22,2	23	23,9	24,8	25,7
	997	996	996	996	996	996	996	996	995	995
27	17,4	18,3	19,2	20,1	20,9	21,8	22,7	23,6	24,4	25,3
	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995
28	17	18	18,9	19,7	20,6	21,5	22,3	23,2	24	24,9
	996	996	996	995	995	995	995	995	995	994
29	16,7	17,6	18,5	19,4	20,3	21,1	21,9	22,8	23,7	24,5
	996	996	995	995	995	995	995	994	994	994
30	16,4	17,3	18,2	19,1	19,9	20,8	21,6	22,5	23,3	24,2

Temperatur	31 C.	32 C.	33 C.	34 C.	35 C.	36 C.	37 C.	38 C.	39 C.	40 C.
0°	37,3	38,3	39,2	40,2	41,1	42,1	43,1	44	45	45,9
	1009	1009	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1011
1	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8	41,8	42,7	43,7	44,6	45,5
	1008	1008	1008	1008	1009	1009	1009	1009	1010	1010
2	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,3	43,3	44,2	45,1
	1007	1007	1008	1008	1008	1008	1008	1009	1009	1009
3	36	37	38	39	40	41	42	42,9	43,9	44,8
	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008	1008	1008
4	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5	40,5	41,5	42,5	43,5	44,4
	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008
5	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,1	42,1	43,1	44
	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007
6	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,6	42,6	43,6
	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006
7	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2	43,2
	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8	41,8	42,8
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1005
9	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4
	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004
10	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
11	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003
12	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2
	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
13	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
14	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4
	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	31 C.	32 C.	33 C.	34 C.	35 C.	36 C.	37 C.	38 C.	39 C.	40 C.
15	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	30,6	31,6	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5
	1000	1000	999	999	999	999	999	999	999	999
17	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
18	29,8	30,8	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7
	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998
19	29,4	30,4	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
20	29	30	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9	37,9
	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997
21	28,6	29,6	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5
	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996
22	28,2	29,2	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1
	997	997	996	996	996	996	996	996	996	996
23	27,8	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7
	996	996	996	996	996	996	996	995	995	995
24	27,4	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3
	996	996	995	995	995	995	995	995	995	994
25	27	28	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9
	995	995	995	995	995	994	994	994	994	994
26	26,6	27,6	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5
	995	995	995	994	994	994	994	994	993	993
27	26,2	27,2	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1
	995	994	994	994	994	993	993	993	993	993
28	25,8	26,8	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7
	994	994	994	993	993	993	993	993	992	992
29	25,4	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3
	994	993	993	993	993	992	992	992	992	992
30	25,1	26	26,9	27,9	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9
	993	993	993	993	992	992	992	991	991	991

Temperatur	41 C.	42 C.	43 C.	44 C.	45 C.	46 C.	47 C.	48 C.	49 C.	50 C.
0°	46,9	47,9	48,8	49,8	50,7	51,7	52,6	53,5	54,5	55,4
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012	1012
1	46,5	47,5	48,4	49,4	50,3	51,3	52,2	53,2	54,2	55,1
	1010	1010	1010	1010	1010	1011	1011	1011	1011	1011
2	46,1	47,1	48,1	49	49,9	50,9	51,8	52,8	53,8	54,7
	1009	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010
3	45,8	46,7	47,7	48,6	49,6	50,5	51,5	52,4	53,4	54,3
	1008	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
4	45,4	46,4	47,4	48,3	49,2	50,2	51,1	52,1	53	54
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1009
5	45	45,9	46,9	47,9	48,8	49,8	50,7	51,7	52,7	53,6
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008
6	44,6	45,5	46,5	47,5	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,3
	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
7	44,2	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51	52	52,9
	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
8	43,8	44,8	45,8	46,8	47,7	48,7	49,7	50,6	51,6	52,6
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
9	43,4	44,4	45,4	46,4	47,3	48,3	49,3	50,2	51,2	52,2
	1004	1005	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005
10	43	44	45	46	46,9	47,9	48,9	49,9	50,9	51,8
	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
11	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,5	50,5	51,5
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
12	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,1
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
13	41,8	42,8	43,8	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8
	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	41,4	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	41 C.	42 C.	43 C.	44 C.	45 C.	46 C.	47 C.	48 C.	49 C.	50 C.
15	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	40,2	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,3	49,3
	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998
18	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9	46,9	47,9	48,9
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
19	39,4	40,4	41,4	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,5	48,5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
20	39	40	41	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,2	48,2
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
21	38,6	39,6	40,6	41,7	42,7	43,7	44,8	45,8	46,8	47,8
	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995
22	38,2	39,2	40,2	41,3	42,3	43,3	44,3	45,3	46,4	47,4
	996	995	995	995	995	995	995	995	995	995
23	37,8	38,8	39,8	40,9	41,9	42,9	43,9	44,9	46	47
	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994
24	37,4	38,4	39,4	40,5	41,5	42,5	43,6	44,6	45,6	46,6
	994	994	994	994	994	994	994	994	993	993
25	37	38	39	40,1	41,1	42,2	43,2	44,2	45,2	46,3
	994	994	993	993	993	993	993	993	993	993
26	36,5	37,6	38,6	39,7	40,7	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9
	993	993	993	993	992	992	992	992	992	992
27	36,1	37,2	38,2	39,3	40,3	41,4	42,4	43,4	44,5	45,5
	992	992	992	992	992	992	992	991	991	991
28	35,7	36,8	37,8	38,9	39,9	41	42	43	44,1	45,1
	992	992	992	991	991	991	991	991	991	990
29	35,3	36,3	37,4	38,5	39,5	40,6	41,6	42,6	43,7	44,7
	991	991	991	991	991	990	990	990	990	990
30	34,9	35,9	37	38,1	39,1	40,2	41,2	42,3	43,3	44,3

Temperatur	51 C.	52 C.	53 C.	54 C.	55 C.	56 C.	57 C.	58 C.	59 C.	60 C.
0°	56,4	57,3	58,3	59,2	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1013	1013	1013
1	56	57	57,9	58,9	59,9	60,9	61,8	62,8	63,8	64,7
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012
2	55,7	56,6	57,6	58,5	59,5	60,5	61,5	62,4	63,4	64,4
	1010	1010	1010	1010	1010	1011	1011	1011	1011	1011
3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,1	62,1	63,1	64,1
	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
4	55	56	56,9	57,9	58,9	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
5	54,6	55,6	56,6	57,5	58,5	59,5	60,4	61,4	62,4	63,4
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
6	54,3	55,2	56,2	57,1	58,1	59,1	60,1	61	62	63
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008
7	53,9	54,9	55,9	56,8	57,8	58,8	59,8	60,7	61,7	62,7
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007
8	53,6	54,6	55,5	56,5	57,5	58,5	59,5	60,4	61,4	62,4
	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
9	53,2	54,2	55,1	56,1	57,1	58,1	59,1	60	61	62
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
10	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,7	60,7	61,7
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
11	52,5	53,5	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,4
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
12	52,1	53,1	54,1	55	56	57	58	59	60	61
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
13	51,8	52,7	53,7	54,7	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	51,4	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3	60,3
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	51 C.	52 C.	53 C.	54 C.	55 C.	56 C.	57 C.	58 C.	59 C.	60 C.
15	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	50,3	51,3	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	49,9	50,9	51,9	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9
	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997
19	49,5	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
20	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
21	48,8	49,8	50,8	51,8	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
22	48,4	49,4	50,4	51,4	52,5	53,5	54,5	55,5	56,5	57,5
	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994
23	48	49,1	50,1	51,1	52,1	53,1	54,1	55,1	56,1	57,1
	994	994	994	994	994	994	993	993	993	993
24	47,6	48,7	49,7	50,7	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	992
25	47,3	48,3	49,3	50,3	51,4	52,4	53,4	54,4	55,5	56,5
	993	993	993	992	992	992	992	992	992	992
26	46,9	47,9	49	50	51	52	53	54	55,1	56,1
	992	992	992	991	991	991	991	991	991	991
27	46,5	47,6	48,6	49,6	50,7	51,7	52,7	53,7	54,8	55,8
	991	991	991	991	990	990	990	990	990	990
28	46,1	47,2	48,2	49,2	50,3	51,3	52,3	53,3	54,4	55,4
	990	990	990	990	990	990	990	989	989	989
29	45,7	46,8	47,8	48,9	49,9	51	52	53	54	55
	990	989	989	989	989	989	989	989	989	988
30	45,4	46,4	47,5	48,5	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,7
	989	989	989	988	988	988	988	988	988	988

Temperatur	61 C.	62 C.	63 C.	64 C.	65 C.	66 C.	67 C.	68 C.	69 C.	70 C.	Temperatur	61 C.	62 C.	63 C.	64 C.	65 C.	66 C.	67 C.	68 C.	69 C.	70 C.
0°	66	67	68	68,9	69,9	70,8	71,8	72,7	73,7	74,7	15	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1014	1014		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	65,7	66,7	67,7	68,6	69,6	70,5	71,5	72,4	73,4	74,3	16	60,6	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,7	69,7
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1013	1013		999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,1	73,1	74	17	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012		998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
3	65	66	67	68	68,9	69,9	70,8	71,8	72,8	73,7	18	59,9	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	1010	1010	1010	1010	1010	1011	1011	1011	1011	1011		997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
4	64,7	65,7	66,6	67,6	68,6	69,5	70,5	71,5	72,5	73,4	19	59,6	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7
	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010		997	997	997	997	997	997	997	997	996	996
5	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,2	70,2	71,2	72,2	73,1	20	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,4
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009		996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
6	64	65	66	67	68	68,9	69,9	70,9	71,9	72,8	21	58,9	59,9	61	62	63	64	65	66	67	68,1
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008		995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,6	69,6	70,6	71,5	72,5	22	58,5	59,5	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,8
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007		994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
8	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	23	58,1	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006		993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
9	63	64	65	66	67	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	24	57,8	58,9	59,9	61	62	63	64	65	66	67,1
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005		992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
10	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	25	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,6	63,7	64,7	65,7	66,7
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004		992	992	992	991	991	991	991	991	991	991
11	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	26	57,1	58,1	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004		991	991	991	991	990	990	990	990	990	990
12	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	27	56,8	57,8	58,9	59,9	60,9	61,9	63	64	65	66
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1003		990	990	990	990	990	990	989	989	989	989
13	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,6	70,6	28	56,4	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,6	63,7	64,7	65,7
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002		989	989	989	989	989	989	989	989	989	988
14	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,3	29	56	57,1	58,1	59,2	60,2	61,2	62,3	63,3	64,3	65,4
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001		988	988	988	988	988	988	988	988	988	988
											30	55,7	56,7	57,8	58,8	59,9	60,9	61,9	63	64	65
																		987	987	987	987

Temperatur	71 C.	72 C.	73 C.	74 C.	75 C.	76 C.	77 C.	78 C.	79 C.	80 C.
0°	75,6	76,6	77,6	78,6	79,5	80,5	81,5	82,4	83,3	84,3
	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
1	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2	82,1	83,1	84
	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013
2	75	76	77	78	78,9	79,9	80,9	81,9	82,8	83,7
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012
3	74,7	75,7	76,7	77,7	78,6	79,6	80,6	81,6	82,5	83,5
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
4	74,4	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,2	83,2
	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
5	74,1	75	76	77	78	79	80	81	81,9	82,9
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1010	1010
6	73,8	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7	81,6	82,6
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1009
7	73,5	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4	81,4	82,3
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008
8	73,2	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1	82
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007
9	72,9	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,8	81,7
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006
10	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5
	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
11	72,3	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
12	72	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
13	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	71 C.	72 C.	73 C.	74 C.	75 C.	76 C.	77 C.	78 C.	79 C.	80 C.
15	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	70	71	72	73	74	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
19	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	77,8	78,8
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
20	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5	76,5	77,5	78,5
	996	996	995	995	995	995	995	995	995	995
21	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,2	76,2	77,2	78,2
	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994
22	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9	76,9	77,9
	994	994	994	994	993	993	993	993	993	993
23	68,4	69,4	70,5	71,5	72,5	73,5	74,5	75,5	76,6	77,6
	993	993	993	993	992	992	992	992	992	992
24	68,1	69,1	70,1	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,3	77,3
	992	992	992	992	992	992	992	991	991	991
25	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,9	76	77
	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
26	67,4	68,4	69,5	70,5	71,5	72,5	73,6	74,6	75,6	76,6
	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
27	67,1	68,1	69,2	70,2	71,2	72,2	73,3	74,3	75,3	76,3
	989	989	989	989	989	989	989	989	989	989
28	66,8	67,8	68,8	69,9	70,9	71,9	73	74	75	76
	988	988	988	988	988	988	988	988	988	988
29	66,4	67,4	68,5	69,5	70,6	71,6	72,6	73,7	74,7	75,7
	988	987	987	987	987	987	987	987	987	987
30	66,1	67,1	68,2	69,2	70,3	71,3	72,3	73,3	74,4	75,4
	987	987	986	986	986	986	986	986	986	986

Temperatur	81 C.	82 C.	83 C.	84 C.	85 C.	86 C.	87 C.	88 C.	89 C.	90 C.	Temperatur	81 C.	82 C.	83 C.	84 C.	85 C.	86 C.	87 C.	88 C.	89 C.	90 C.
0°	83,2	86,2	87,1	88	88,9	89,9	90,8	91,7	92,6	93,6	15	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	1014	1014	1014	1014	1014	1015	1015	1015	1015	1015		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	85	85,9	86,8	87,8	88,7	89,6	90,5	91,5	92,4	93,3	16	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7	85,7	86,7	87,7	88,7	89,7
	1013	1013	1013	1013	1013	1014	1014	1014	1014	1014		999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2	84,7	85,6	86,6	87,5	88,5	89,4	90,3	91,2	92,2	93,1	17	80,4	81,4	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,4	89,5
	1012	1012	1012	1012	1012	1013	1013	1013	1013	1013		998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
3	84,4	85,4	86,3	87,3	88,2	89,2	90,1	91	91,9	92,9	18	80,1	81,1	82,1	83,1	84,1	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2
	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012	1012	1012		997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
4	84,2	85,1	86,1	87	87,9	88,9	89,8	90,8	91,7	92,7	19	79,8	80,8	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,9
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011		996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
5	83,9	84,8	85,8	86,7	87,7	88,6	89,6	90,5	91,5	92,4	20	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6
	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010		995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
6	83,6	84,5	85,5	86,5	87,4	88,4	89,3	90,2	91,2	92,2	21	79,2	80,2	81,3	82,3	83,3	84,3	85,3	86,4	87,4	88,4
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009		994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
7	83,3	84,2	85,2	86,2	87,2	88,1	89,1	90	91	91,9	22	78,9	79,9	81	82	83	84	85	86,1	87,1	88,2
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008		993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
8	83	84	85	85,9	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,7	23	78,6	79,6	80,7	81,7	82,7	83,8	84,8	85,4	86,8	87,9
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007		992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
9	82,7	83,7	84,7	85,7	86,6	87,6	88,6	89,5	90,5	91,5	24	78,3	79,3	80,4	81,4	82,4	83,5	84,5	85,5	86,5	87,6
.	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006		991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
10	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,3	89,3	90,2	91,2	25	78	79	80,1	81,1	82,1	83,2	84,2	85,2	86,3	87,4
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005		991	991	990	990	990	990	990	990	990	990
11	82,2	83,1	84,1	85,1	86,1	87,1	88	89	90	91	26	77,7	78,7	79,8	80,8	81,8	82,9	83,9	84,9	86	87,1
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004		990	989	989	989	989	989	989	989	989	989
12	81,9	82,9	83,9	84,8	85,8	86,8	87,8	88,7	89,7	90,7	27	77,4	78,4	79,5	80,5	81,5	82,6	83,6	84,7	85,7	86,8
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003		989	988	988	988	988	988	988	988	988	988
13	81,6	82,6	83,6	84,6	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5	28	77,1	78,1	79,2	80,2	81,2	82,3	83,3	84,4	85,4	86,5
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002		988	988	987	987	987	987	987	987	987	987
14	81,3	82,3	83,3	84,3	85,3	86,3	87,3	88,2	89,2	90,2	29	76,7	77,8	78,9	79,9	80,9	82	83	84,1	85,1	86,2
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001		987	987	987	986	986	986	986	986	986	986
											30	76,4	77,5	78,6	79,6	80,6	81,7	82,7	83,8	84,9	86

Temperatur	91 G.	92 G.	93 G.	94 G.	95 G.	96 G.	97 G.	98 G.	99 G.	100 G.
0°	94,5	95,3	96,2	97,1	98	98,8	99,7			
	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1016			
1	94,3	95,1	96	96,9	97,8	98,6	99,5			
	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014			
2	94	94,9	95,8	96,7	97,6	98,5	99,3			
	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1014			
3	93,8	94,7	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2			
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012		
4	93,6	94,5	95,4	96,3	97,2	98,1	99	99,9		
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011		
5	93,4	94,3	95,2	96,1	97	97,9	98,8	99,7		
	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010		
6	93,1	94,1	95	95,9	96,8	97,8	98,7	99,6		
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009		
7	92,9	93,9	94,8	95,7	96,6	97,6	98,5	99,4		
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008		
8	92,7	93,6	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2		
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	
9	92,5	93,4	94,4	95,3	96,2	97,2	98,1	99,1	100	
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	
10	92,2	93,2	94,2	95,1	96	97	98	98,9	99,9	
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	
11	92	92,9	93,9	94,9	95,8	96,8	97,8	98,7	99,7	
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	
12	91,7	92,7	93,7	94,7	95,6	96,6	97,6	98,5	99,5	
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	
13	91,5	92,5	93,5	94,4	95,4	96,4	97,4	98,4	99,3	
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	
14	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,2	97,2	98,2	99,2	
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	

Temperatur	91 G.	92 G.	93 G.	94 G.	95 G.	96 G.	97 G.	98 G.	99 G.	100 G.
15	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,8	97,8	98,8	99,8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	90,5	91,5	92,6	93,6	94,6	95,6	96,6	97,6	98,7	99,7
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	90,2	91,3	92,3	93,3	94,3	95,4	96,4	97,4	98,5	99,5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
19	90	91,1	92,1	93,1	94,1	95,2	96,2	97,3	98,3	99,3
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
20	89,7	90,8	91,8	92,9	93,9	95	96	97,1	98,1	99,1
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
21	89,5	90,5	91,6	92,6	93,7	94,7	95,8	96,9	97,9	99
	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
22	89,2	90,2	91,3	92,4	93,4	94,5	95,6	96,7	97,7	98,8
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
23	89	90	91,1	92,1	93,2	94,3	95,4	96,5	97,5	98,6
	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
24	88,7	89,7	90,8	91,9	93	94,1	95,2	96,2	97,3	98,4
	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
25	88,4	89,5	90,6	91,6	92,7	93,8	94,9	96	97,1	98,2
	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
26	88,2	89,2	90,3	91,4	92,5	93,6	94,7	95,8	96,9	98,1
	989	989	989	989	989	989	989	989	989	989
27	87,9	89	90,1	91,1	92,2	93,4	94,5	95,6	96,7	97,9
	988	988	988	988	988	988	988	987	987	987
28	87,6	88,7	89,8	90,9	92	93,1	94,3	95,4	96,5	97,7
	987	987	987	987	987	987	987	986	986	986
29	87,3	88,4	89,5	90,6	91,7	92,9	94,1	95,2	96,3	97,5
	986	986	986	986	986	986	986	986	985	985
30	81,1	82,2	89,3	90,4	91,5	92,7	93,8	95	96,1	97,3
	985	985	985	985	985	985	985	985	984	984

Die zweite Tafel führt den Titel: Table de richesse en Alcool des liquides spiritueux. Sie entſpricht der Tafel VII. bei Tralles, und giebt unmittelbar, nur nicht ganz ſo genau, das, was man mittelſt der vorhergehenden erſt durch eine Multiplication erreicht, nämlich den wahren Alkoholgehalt für die jedesmalige Temperatur des Weingeiſtes, vorausgeſetzt dabei, wie bei Tralles, daß das ſpecifiſche Gewicht und das Volumen des Weingeiſtes bei gleicher Temperatur beſtimmt worden ſei.

Giebt z. B., wie im letzten Beiſpiele, das Inſtrument bei 25° Temperatur 59 Volumenprocente an, ſo findet man, wenn man 59 in der obigen Querſpalte aufſucht und dann bis zur Temperatur von 25° heruntergeht, die Zahl 55. In 100 Maß des geprüften Weingeiſtes von 25° Temperatur ſind alſo 55 Maß abſoluten Alkohols von 15° C. enthalten Durch die vorhergehende Tafel war gefunden 55,056.

Tem-peratur	1 C.	2 C.	3 C.	4 C.	5 C.	6 C.	7 C.	8 C.	9 C.	10 C.	11 C.	12 C.	13 C.	14 C.	15 C.	16 C.	17 C.	18 C.	19 C.	20 C.
0°	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,5	7,5	8,6	9,7	10,9	12,2	13,4	14,7	16,1	17,5	19	20,4	21,7	23	24,3
1											" "	13,4	14,7	16	17,3	18,7	20,1	21,4	22,7	24
2											" "	13,4	14,7	16	17,2	18,6	19,9	21,2	22,4	23,7
3											" "	13,3	14,6	15,9	17,1	18,3	19,7	20,9	22,1	23,4
4											" "	13,3	14,5	15,8	16,9	18,1	19,4	20,7	21,9	23,1
5	1,4	2,5	3,5	4,5	5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9	12,1	13,2	14,4	15,7	16,8	18	19,2	20,5	21,6	22,8
6											" "	13,1	14,3	15,6	16,7	17,8	19	20,3	21,4	22,5
7											" "	13	14,2	15,4	16,6	17,7	18,8	20	21	22,1
8											" "	13	14,1	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,7	21,8
9											" "	12,9	14	15,1	16,2	17,3	18,4	19,5	20,5	21,6
10	1,4	2,4	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,6	11,7	12,7	13,8	14,9	16	17	18,1	19,2	20,2	21,3
11	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,5	11,6	12,6	13,6	14,7	15,8	16,8	17,9	19	20	21
12	1,2	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,6	17,6	18,7	19,7	20,7
13	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,5	19,5	20,5
14	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7
17	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	10,8	11,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4
18	0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	18,2	19,1
19	0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17	17,9	18,8
20	0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,3	8,3	9,3	10,3	11,2	12,2	13,1	14	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5
21	0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,2	6,2	7,1	8,1	9,1	10,1	11	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17,3	18,2
22	0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7	7,9	8,9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17	17,9
23	0,1	1,1	2,1	3,1	4	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,1	15	15,9	16,7	17,6
24	0,0	1	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4
25	" "	0,8	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3	9,3	10,2	11,1	12	12,8	13,6	14,5	15,4	16,2	17,1
26	" "	0,7	1,6	2,6	3,5	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1	15,9	16,7
27	" "	0,5	1,5	2,4	3,3	4,3	5,2	6,1	7	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,1	13,9	14,8	15,6	16,4
28	" "	0,3	1,3	2,2	3,1	4,1	5	5,9	6,8	7,7	8,6	9,5	10,3	11,2	12	12,8	13,6	14,4	15,2	16
29	" "	0,1	1,1	2	2,9	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5	8,4	9,2	10,1	11	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9	15,7
30	" "	0,0	0,9	1,9	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,1	9	9,8	10,7	11,5	12,3	13	13,8	14,6	15,4

Temperatur	21 C.	22 C.	23 C.	24 C.	25 C.	26 C.	27 C.	28 C.	29 C.	30 C.	31 C.	32 C.	33 C.	34 C.	35 C.	36 C.	37 C.	38 C.	39 C.	40 C.
0°	25,7	27,1	28,5	29,9	31,1	32,3	33,4	34,5	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6	40,6	41,5	42,5	43,5	44,4	45,4	46,4
1	25,4	26,8	28,1	29,4	30,6	31,8	32,9	34	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,2	42,2	43,1	44,1	45	46
2	25	26,4	27,6	28,9	30,2	31,4	32,5	33,5	34,6	35,6	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,6	45,5
3	24,7	26	27,3	28,6	29,8	21	32,1	33,1	34,1	35,2	36,2	37,3	38,3	39,3	40,3	41,3	42,3	43,2	44,2	45,2
4	24,4	25,7	26,9	28,1	29,3	30,6	31,6	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,8	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,8
5	24,1	25,3	26,5	27,7	28,9	30,1	31,2	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,3	41,4	42,4	43,4	44,3
6	23,7	25	26,1	27,3	28,5	29,7	30,8	31,8	32,8	33,8	34,9	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	40,9	41,9	42,9	43,9
7	23,4	24,7	25,8	27	28,1	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4	43,4
8	23	24,2	25,4	26,6	27,7	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9	38	39	40	41	42	43
9	22,7	23,9	25	26,2	27,3	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6
10	22,4	23,5	24,6	25,8	26,9	28	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,1	42,1
11	22,1	23,2	24,3	25,4	26,5	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7
12	21,8	22,9	24	25,1	26,1	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,3	41,3
13	21,5	22,6	23,7	24,7	25,7	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,9
14	21,2	22,3	23,3	24,3	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4
15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
16	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5
17	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1
18	20,1	21,1	22	23	24	25	25,9	26,9	27,8	28,8	29,8	30,8	31,7	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6
19	19,8	20,8	21,7	22,7	23,6	24,6	25,5	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2
20	19,5	20,5	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,1	27	27,9	28,9	29,9	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8
21	19,1	20,1	21,1	22,1	22,9	23,9	24,8	25,6	26,6	27,5	28,5	29,5	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4
22	18,8	19,8	20,7	21,6	22,5	23,5	24,3	25,2	26,2	27,1	28,1	29,1	30	31	32	33	34	35	36	36,9
23	18,5	19,4	20,3	21,3	22,2	23,1	24	24,9	25,8	26,7	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,5	34,5	35,5	36,5
24	18,2	19,1	20	21	21,8	22,7	23,6	24,4	25,4	26,3	27,3	28,3	29,2	30,2	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1
25	17,9	18,8	19,7	20,6	21,5	22,4	23,2	24,2	25,1	26	26,9	27,9	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7
26	17,6	18,5	19,4	20,3	21,2	22,1	22,9	23,8	24,7	25,6	26,5	27,5	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3
27	17,3	18,2	19,1	20	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,2	26,1	27,1	27,9	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,8
28	16,9	17,9	18,8	19,6	20,5	21,4	22,2	23,1	23,9	24,8	25,7	26,6	27,5	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,4
29	16,6	17,5	18,4	19,3	20,2	21,	21,8	22,7	23,6	24,4	25,2	26,2	27,1	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34
30	16,3	17,2	18,1	19	19,8	20,7	21,5	22,4	23,2	24	24,9	25,8	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,6	32,6	33,6

Temperatur	41 C.	42 C.	43 C.	44 C.	45 C.	46 C.	47 C.	48 C.	49 C.	50 C.	51 C.	52 C.	53 C.	54 C.	55 C.	56 C.	57 C.	58 C.	59 C.	60 C.
0°	47,4	48,4	49,3	50,3	51,3	52,3	53,2	54,1	55,1	56,1	57,1	58	59	59,9	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	65,8
1	47	48	48,9	49,9	50,8	51,8	52,8	53,7	54,7	55,7	56,7	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6	62,5	63,5	64,5	65,5
2	46,5	47,5	48,5	49,5	50,4	51,4	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65,1
3	46,2	47,1	48,1	49	50	51	52	52,9	53,9	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7	64,7
4	45,8	46,7	47,7	48,7	49,6	50,6	51,5	52,5	53,5	54,5	55,5	56,5	57,4	58,4	59,4	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3
5	45,3	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,1	52,1	53,1	54	55	56	57	58	59	60	60,9	61,9	62,9	63,9
6	44,9	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,7	52,7	53,7	54,7	55,6	56,6	57,5	58,5	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5
7	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,3	52,3	53,2	54,2	55,2	56,2	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1	62,1	63,1
8	44	45	46	47	47,9	48,9	49,9	50,9	51,9	52,9	53,9	54,9	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8
9	43,6	44,6	45,6	46,6	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,4	62,4
10	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
11	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,7	53,7	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6
12	42,3	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,3	49,3	50,3	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2
13	41,9	42,9	43,9	44,9	45,9	46,9	47,9	48,9	49,9	50,9	51,9	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8
14	41,4	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4
15	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
16	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6
17	40,1	41,1	42,1	43,1	44,1	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2
18	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8
19	39,3	40,3	41,3	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4
20	38,9	39,9	40,9	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
21	38,4	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6
22	38	39	40	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2
23	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,7	46,7	47,7	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8
24	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4
25	36,7	37,7	38,7	39,8	40,8	41,9	42,9	43,9	44,9	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
26	36,3	37,3	38,3	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,6
27	35,9	36,9	37,9	39	40	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2
28	35,4	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8
29	35	36	37,1	37,1	39,1	40,2	41,2	42,1	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4
30	34,6	35,6	36,6	38,7	38,7	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9	47	48	49	50	51	52	53	54

Temperatur	61 C.	62 C.	63 C.	64 C.	65 C.	66 C.	67 C.	68 C.	69 C.	70 C.	71 C.	72 C.	73 C.	74 C.	75 C.	76 C.	77 C.	78 C.	79 C.	80 C.
0°	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6	83,6	84,5	85,5
1	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2	83,2	84,2	85,1
2	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71	71,9	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	83,8	84,7
3	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,4	84,4
4	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	73,2	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1	82,1	83	84
5	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7
6	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,4	74,4	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,3
7	64,1	65,1	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71,1	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	82,9
8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,7	68,7	69,7	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6
9	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2
10	63	64	65	66	67	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9
11	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5
12	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1
13	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,8
14	61,4	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4
15	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
16	60,6	61,6	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6
17	60,2	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2
18	59,8	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9
19	59,4	60,4	61,4	62,5	63,5	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5
20	59	60	61	62	63	64	65,1	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1
21	58,6	59,6	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	77,8
22	58,2	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,4	76,4	77,4
23	57,8	58,8	59,8	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	70	71	72	73	74	75	76	77
24	57,4	58,4	59,4	60,5	61,5	62,5	63,5	64,4	65,5	66,5	67,5	68,5	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6
25	57	58	59	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1	65,1	66,1	67,1	68,1	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,3	76,3
26	56,6	57,6	58,6	59,6	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9
27	56,2	57,2	58,3	59,3	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5
28	55,8	56,8	57,8	58,8	59,9	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	66	67	68	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1
29	55,4	56,4	57,4	58,5	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,5	65,6	66,6	67,7	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7

Temperatur	81 C.	82 C.	83 C.	84 C.	85 C.	86 C.	87 C.	88 C.	89 C.	90 C.	91 C.	92 C.	93 C.	94 C.	95 C.	96 C.	97 C.	98 C.	99 C.	100 C.
0°	86,4	87,4	88,3	89,2	90,2	91,2	92,2	93,1	94	95	95,9	96,8	97,7	98,6	99,5	100,3	101,2			
1	86,1	87	88	89	89,9	90,8	91,8	92,8	93,7	94,6	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2	100	100,9			
2	85,7	86,6	87,6	88,6	89,6	90,5	91,5	92,4	93,4	94,3	95,2	96,1	97	97,9	98,9	99,8	100,7			
3	85,3	86,3	87,3	88,3	89,2	90,2	91,2	92,1	93	91	94,9	95,8	96,7	97,7	98,6	99,5	100,4			
4	85	86	87	88	88,9	89,9	90,8	91,8	92,7	93,7	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2	100,1	101		
5	84,7	85,6	86,6	87,6	88,5	89,5	90,5	91,4	92,4	93,3	94,3	95,2	96,2	97,1	98	98,9	99,8	100,7		
6	84,3	85,3	86,3	87,3	88,2	89,2	90,1	91	92	93	93,9	94,9	95,9	96,8	97,7	98,7	99,6	100,5		
7	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,7	92,6	93,6	94,6	95,6	96,5	97,4	98,4	99,3	100,2		
8	83,6	84,6	85,6	86,5	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,3	93,3	94,3	95,3	96,2	97,1	98,1	99	99,9		
9	83,2	84,2	85,2	86,2	87,1	88,1	89,1	90	91	92	93	94	95	95,9	96,8	97,8	98,7	99,7	100	
10	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,7	89,7	90,7	91,7	92,7	93,7	94,7	95,6	96,5	97,5	98,5	99,4	100,4	
11	82,5	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,4	89,4	90,4	91,4	92,4	93,3	94,3	95,3	96,2	97,2	98,2	99,1	100,1	
12	82,1	83,1	84,1	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	95,9	96,9	97,9	98,8	99,8	
13	81,8	82,8	83,8	84,8	85,7	86,7	87,7	88,7	89,7	90,7	91,7	92,7	93,7	94,6	95,6	96,6	97,6	98,6	99,5	
14	81,4	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,3	89,3	90,3	91,3	92,3	93,3	94,3	95,3	96,3	97,3	98,3	99,3	
15	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
16	80,6	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6	89,6	90,7	91,7	92,7	93,7	94,7	95,7	96,7	97,7	98,7	99,7
17	80,2	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,3	90,3	91,3	92,4	93,4	94,4	95,4	96,4	97,4	98,5	99,5
18	79,9	80,9	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	86,9	88,9	88,9	89,9	91	92	93	94	95,1	96,1	97,1	98,2	99,2
19	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6	89,6	90,7	91,7	92,7	93,7	94,8	95,8	96,9	97,9	98,9
20	79,1	80,1	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2	90,3	91,3	92,4	93,4	94,5	95,5	96,6	97,6	98,6
21	78,7	79,7	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,9	86,9	87,9	88,9	90	91	92	93,1	94,1	95,2	96,3	97,3	98,4
22	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4	83,4	84,4	85,5	86,5	87,6	88,6	89,6	90,7	91,8	92,8	93,9	94,9	96	97	98,1
23	78	79	80,1	81,1	82,1	83,1	84,1	85,1	86,1	87,2	88,3	89,3	90,4	91,4	92,4	93,5	94,6	95,7	96,7	97,8
24	77,6	78,6	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7	85,7	86,8	87,9	88,9	90	91,1	92,1	93,2	94,3	95,3	96,4	97,5
25	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,4	84,4	85,4	86,5	87,5	88,6	89,7	90,7	91,8	92,9	93,9	95	96,1	97,2
26	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	84	85	86,1	87,2	88,2	89,3	90,4	91,5	92,5	93,6	94,7	95,8	97
27	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,7	85,7	86,8	87,9	89	90	91,1	92,2	93,3	94,4	95,5	96,7
28	76,1	77,1	78,2	79,2	80,2	81,3	82,3	83,3	84,3	85,4	86,5	87,5	88,6	89,7	90,8	91,9	93	94,1	95,2	96,4
29	75,7	76,8	77,8	78,8	79,8	80,9	81,9	83	84	85	86,1	87,2	88,2	89,3	90,4	91,6	92,7	93,8	94,9	96
30	75,3	76,4	77,4	78,4	79,4	80,5	81,5	82,6	83,6	84,7	85,8	86,9	87,9	89	90,1	91,2	92,4	93,5	94,6	95

Ziemlich annähernd findet man die Resultate dieser Tafel mittelst einer so Francoeur gegebenen Formel. Ist nämlich c die Zahl der Volumenprocent welche das Alkoholometer in einem Weingeist von der Temperatur t direct angibt so wird x, d. h. der wahre Alkoholgehalt oder die Zahl der Volumenprocente, d an absolutem Alkohol von 15° C. Temperatur in Weingeist von der Temperatur enthalten ist, gefunden durch die Gleichung

$$x = c + 0{,}4\ t.$$

Die Temperatur t ist von 15° C. an gezählt, oberhalb positiv, unterh negativ. Für das oben gewählte Beispiel haben wir so

$$x = 59 - 0{,}4 \times 10,$$

also x = 55, wie vorhin.

Wenn man den Alkoholgehalt eines Weingeistes in Gewichtsprocenten best men will, so kann man die Berechnung nach den Anweisungen, welche Trall gegeben hat, aus den Volumenprocenten mit Hülfe von dessen Tafel I. leicht mac Richter hat ein Alkoholometer mit Angaben in Gewichtsprocenten angege In folgender Tabelle sind die Gewichtsprocente mit den Tralles'schen Volum procenten für die Temperatur von 60° F. zusammengestellt.

Richtige Gewichtsprocente, verglichen mit Tralles'schen Volumenprocente bei 60° F. (12°,44 R.).

Vol.- procente	Gew.- procente	Vol.- procente	Gew.- procente	Gew.- procente	Vol.- procente	Gew.- procente	Vol. procente
0	0	55	47,29	0	0,	55	63,9
5	4,00	60	52,20	5	6,23	60	68,9
10	8,05	65	57,25	10	12,42	65	73,7
15	12,15	70	62,51	15	18,52	70	78,4
20	16,28	75	67,93	20	24,57	75	82,8
25	20,46	80	73,59	25	30,55	80	86,9
30	24,69	85	79,50	30	36,45	85	90,8
35	28,99	90	85,75	35	42,25	90	94,4
40	33,39	95	92,46	40	47,92	95	97,6
45	37,90	100	100,00	45	53,43	100	100,0
50	42,52			50	58,79		

Die sogenannten Richter'schen Gewichtsprocente weichen von den angeführten richtigen Gewichtsprocenten bedeutend ab, wie die nachstehende T im Vergleich mit der obigen lehrt. Sie sollten daher nicht mehr angew werden.

Richter's Gewichtsprocente, verglichen mit Tralles'schen Volumenprocenten bei 60° F. (12°,44 R.).

T.	R.	T.	R.	R.	T.	R.	T.
0	0,	55	41,00	0	0,	55	68,28
5	4,00	60	45,95	5	6,48	60	72,50
10	7,50	65	51,40	10	14,00	65	76,70
15	10,58	70	57,12	15	22,30	70	80,60
20	13,55	75	62,97	20	30,30	75	84,70
25	16,60	80	69,20	25	36,75	80	88,62
30	19,78	85	75,35	30	42,40	85	92,15
35	23,50	90	81,86	35	48,30	90	95,35
40	27,95	95	89,34	40	53,90	95	97,80
45	32,30	100	100,00	45	59,06	100	100,00
50	36,46			50	63,80		

Da die obige Tabelle der richtigen Gewichtsprocente nur für die Temperatur von 60° F. Gültigkeit hat, die Volumenprocente aber nicht wie die Gewichtsprocente in alle Temperaturen gleich bleiben, so muß man bei Bestimmungen des specifischen Gewichtes für andere Temperaturen die Volumenprocente nach einer der Tralles'schen Tafeln VI., VII., VIII. auf diejenigen bei 60° F. zurückführen. Ist das Volumen des Weingeistes bei 60° F. gemessen, so bedient man sich der Tafel VIII.; ist aber das Volumen bei gleicher Temperatur mit dem specifischen Gewicht bestimmt worden, so bedient man sich der Tafeln VI. oder VII., je nachdem man ein gläsernes oder messingenes Instrument gebraucht.

Bei dem Gebrauche des Alkoholometers ist das Thermometer nicht zu entbehren, deshalb erscheint es zweckmäßig, beide Instrumente in der hier angedeuteten Weise zu vereinigen, so daß nämlich die Quecksilberkugel des Thermometers c d an das Ende des Aräometers zu stehen kommt, die Thermometerröhre aber mit ihrer Scale in der Röhre, welche den Körper des Alkoholometers a b bildet, sich befindet. Es ersetzt dann die Thermometerkugel das zur Beschwerung des Aräometers nöthige Gewicht; bei b muß das Instrument natürlich zugeschmolzen sein. Die Thermometerscale braucht nur einen Umfang zu haben, wie er den gewöhnlich bei den Flüssigkeiten, mit welchen man es zu thun hat, vorkommenden Temperaturen entspricht.

Im Oesterreichischen ist das Alkoholometer von Meißner in Gebrauch, welches eine doppelte Scale hat, für Volumenprocente und für Gewichtsprocente. Demselben liegen die oben S. 306 angeführten Versuche zu Grunde, welche bei 14° R. angestellt worden. Joß *) giebt folgende (nur für 14° R. gültige) Tabelle, in welcher die Meißner'schen Grade mit denen der Instrumente von Tralles, Richter und Beck und den entsprechenden specifischen Gewichten zusammengestellt sind.

*) Tabellarische Anweisung zur Vergleichung mehr oder minder concentrirter geistiger Flüssigkeiten nach Procenten des Inhaltmaßes und zur Darstellung derselben, ein vervollständigter Anhang zu Meißner's Aräometrie. Wien, 1836.

Specifisches Gewicht	Alkoholometer: Tralles Volumen-	Meißner Volumen-	Meißner Gewichts-	Richter Gewichts-	Beck's Aräometer-Grade
	Procente oder Grade				
0,793	100,0	100	100,00	100,0	
0,797	99,1	99	98,68	98,6	
0,801	98,2	98	97,36	97,1	
0,804	97,4	97	96,10	95,1	
0,808	96,6	96	94,87	94,2	
0,811	95,6	95	93,71	93,0	39,6
0,815	94,7	94	92,52	91,5	38,6
0,819	93,8	93	91,36	90,0	37,6
0,822	93,0	92	90,21	88,6	36,9
0,825	92,0	91	88,97	87,5	36,0
0,829	91,0	90	87,70	86,1	35,2
0,832	90,0	89	86,48	85,0	34,4
0,835	88,9	88	85,29	84,1	33,8
0,837	87,9	87	84,13	83,0	33,0
0,840	87,4	86	82,96	82,1	32,5
0,843	86,5	85	81,78	81,2	31,8
0,845	85,6	84	80,66	80,1	31,0
0,848	84,9	83	79,54	79,1	30,4
0,851	83,9	82	78,44	78,1	29,7
0,853	82,8	81	77,37	77,2	29,1
0,857	81,8	80	76,06	76,2	28,5
0,859	81,0	79	74,94	74,8	27,9
0,862	79,8	78	73,86	74,1	27,3
0,864	79,0	77	72,68	73,3	26,8
0,867	78,0	76	71,52	72,0	26,0
0,870	77,0	75	70,38	70,8	25,5
0,872	75,9	74	69,24	69,5	24,8
0,875	75,0	73	68,15	68,4	24,3
0,878	73,8	72	67,07	66,9	23,6
0,881	72,7	71	66,00	65,6	22,9
0,883	71,8	70	64,91	64,7	22,5
0,886	70,7	69	63,79	63,6	21,8
0,889	69,6	68	62,73	62,5	21,3
0,891	68,5	67	61,65	61,3	20,7
0,893	67,6	66	60,61	60,3	20,2
0,896	66,5	65	59,56	59,0	19,7
0,898	65,6	64	58,52	58,2	19,3
0,901	64,7	63	57,45	57,3	18,8
0,903	63,6	62	56,41	56,3	18,4
0,905	62,4	61	55,36	55,2	17,8
0,908	61,3	60	54,32	54,0	17,3
0,910	60,4	59	53,27	53,8	16,8
0,912	59,5	58	52,26	51,7	16,4
0,915	58,4	57	51,22	50,6	15,9
0,917	57,3	56	50,22	49,4	15,3
0,919	56,4	55	49,22	48,4	15,0
0,921	55,3	54	48,22	47,3	14,5
0,924	54,3	53	47,22	46,4	14,1
0,926	53,4	52	46,23	45,4	13,6
0,928	52,3	51	45,24	44,3	13,1

Specifisches Gewicht	Alkoholometer: Tralles Volumen-	Meißner Volumen-	Meißner Gewichts-	Richter Gewichts-	Beck's Aräometer-Grade
	Procente oder Grade				
0,930	50,9	50	44,26	43,2	12,7
0,932	49,8	49	43,24	42,0	12,3
0,934	48,7	48	42,28	41,2	11,8
0,936	47,7	47	41,33	40,3	11,4
0,938	46,6	46	40,35	39,3	11,3
0,940	45,7	45	39,32	38,8	10,8
0,942	44,6	44	38,26	37,7	10,4
0,944	43,4	43	37,26	36,7	10,0
0,946	42,3	42	36,31	35,8	9,7
0,948	41,4	41	35,42	34,8	9,4
0,949	40,4	40	34,52	34,0	9,1
0,951	39,2	39	33,63	32,9	8,8
0,953	37,9	38	32,73	31,5	8,4
0,955	36,6	37	31,78	30,4	8,0
0,956	35,5	36	30,82	29,7	7,8
0,958	34,5	35	29,87	28,7	7,6
0,960	33,4	34	28,93	28,0	7,3
0,961	32,5	33	27,93	27,0	7,0
0,962	31,4	32	27,00	26,0	6,7
0,963	30,4	31	26,15	25,2	6,5
0,964	29,4	30	25,31	24,4	6,3
0,965	28,5	29	24,46	23,5	6,1
0,967	27,4	28	23,61	22,5	5,8
0,968	26,4	27	22,77	22,0	5,6
0,969	25,5	26	21,85	21,2	5,4
0,970	24,5	25	20,92	20,2	5,2
0,971	23,4	24	20,00	19,3	5,1
0,972	22,3	23	19,16	18,4	4,8
0,973	21,6	22	18,31	18,0	4,6
0,975	20,4	21	17,46	17,3	4,4
0,976	19,4	20	16,58	16,4	4,3
0,977	18,3	19	15,75	15,5	4,1
0,978	17,4	18	15,00	15,0	3,9
0,978	16,5	17	14,18	14,4	3,7
0,979	15,6	16	13,30	13,7	3,5
0,980	14,5	15	12,30	13,0	3,4
0,981	13,5	14	11,36	12,5	3,3
0,982	12,5	13	10,54	11,8	3,1
0,983	11,7	12	9,71	11,0	2,9
0,985	10,7	11	8,87	10,4	2,7
0,986	9,4	10	8,06	9,4	2,4
0,987	8,4	9	7,28	8,6	2,2
0,988	7,4	8	6,52	7,5	1,9
0,990	6,0	7	5,76	6,5	1,7
0,992	5,2	6	4,94	5,7	1,5
0,993	4,3	5	4,10	4,8	1,3
0,994	3,3	4	3,29	3,8	1,0
0,996	2,3	3	2,47	3,0	0,7
0,997	1,6	2	1,65	2,0	0,4
0,999	0,4	1	0,83	1,0	0,2

In England bedient man sich als Alkoholometer häufig sogenannter Hydrometer mit veränderlichem Gewicht und einer auf Versuche gegründeten Scale. Das älteste derartige Instrument ist das Hydrometer von Clark*). Dasselbe hat am Halse drei Marken, von denen die mittlere den Punkt bezeichnet, bis zu welchem das Instrument im Probespiritus, die obere den Punkt, bis zu welchem es in Weingeist von $^1/_{10}$ über Probe einsinkt, und die untere den Punkt, bis zu welchem es in Weingeist von $^1/_{10}$ unter Probe einsinkt. Es ist von Metall und hat zwei hohle Kugeln, von denen die untere kleinere abgeschraubt und durch andere, welche leichter oder schwerer sind, ersetzt werden kann. Es ist hierbei zu bemerken, daß man beim Handel mit geistigen Flüssigkeiten ihre Stärke dadurch zu bestimmen pflegt, daß man sie mit einem Weingeist von bekannter Beschaffenheit vergleicht. Ein solcher Weingeist ist der Probe-Spiritus (Proof), dessen specif. Gewicht 0,920 bei 60° F. ist**). Die Prüfung einer unbekannten weingeistigen Flüssigkeit bezieht sich nun darauf, daß man zu bestimmen sucht, wie viel von solchem Probespiritus in einer gewissen Quantität der zu prüfenden Flüssigkeit enthalten ist. Heißt es nun, eine Art Spiritus sei 30 Procent über Probe, so meint man: 100 Maß eines solchen Spiritus würden durch Zusatz von 30 Maß Wasser genau den Probespiritus geben. Ebenso bezeichnet 30 Procent unter Probe einen Spiritus, wie man ihn auch erhalten würde, wenn man zu 70 Maß Probespiritus 30 Maß Wasser zusetzte.

Jones', Dicas' und Quin's***) Hydrometer haben im Ganzen die Einrichtung des ebengenannten, nur besitzen sie mehrere vollständige Scalen entsprechend den Zulage-Gewichten, die oben auf den Hals gesteckt werden, und deren bei ersterem vier an der Zahl sind, beim zweiten gar 36. Sie besitzen ferner ein Thermometer, und die beiden letzten verschiebbare Scalen, um die wegen der Temperatur berichtigten Angaben sogleich ablesen zu können. Sie geben nicht blos den Alkoholgehalt oder das specifische Gewicht des Weingeistes an, sondern auch die Verdichtung, welche Alkohol und Wasser darin erfahren haben.

Eine ausführlichere Beschreibung dürfte das Hydrometer von Atkins verdienen. Das Aräometer AB (s. Fig. III.) ist von Messing. Es ist 8 Z. lang, mit einer elliptischen Kugel versehen, welche $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser und 2 Zoll in der Länge hält. Der Stiel ist viereckig, auf jeder Seite $^1/_8$ Z. breit, und wenn das Instrument blos für solche Flüssigkeiten dienen soll, welche eigenthümlich leichter als Wasser sind, so sind blos auf der einen Seite die 26 Buchstaben des Alphabets und 0, oder Zero, oben und unten gestochen und zwischen

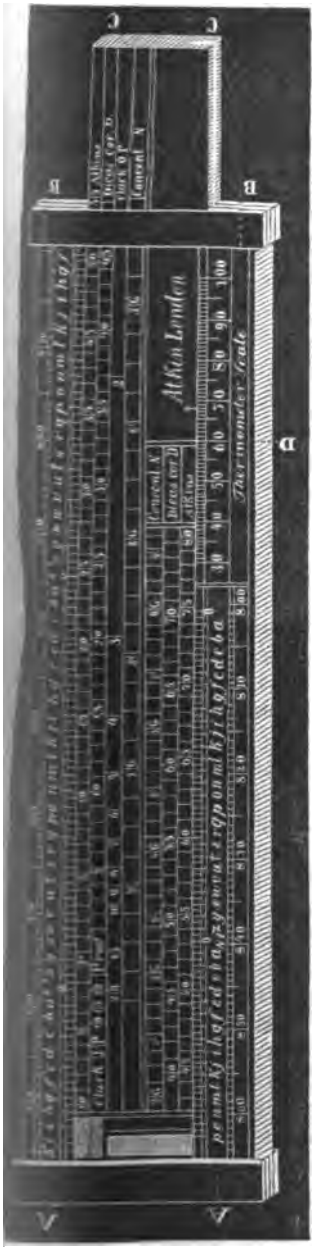
*) Phil. Transact. 1730. p. 277.

**) Nach einer Parlamentsacte vom 22. Juli 1816 (der sogenannten Hydrometer-Bill soll bei 51° F. der Probespiritus $^{12}/_{13}$ so viel wiegen, als ein gleiches Volumen Wasser, und folglich das specif. Gewicht = 0,923077 haben. Man scheint sich aber doch nicht immer nach dieser Bestimmung zu richten, denn Turner (Elements of chemistry, Edit. V. p. 87) sagt, Probespiritus bestehe aus gleichen Gewichten absoluten Alkohols und Wassers und habe das specif. Gewicht = 0,917; er setzt hinzu, der zu Tincturen angewandte sei nur von 0,9 und 0,935 specifischem Gewicht. (Handwörterbuch d. Chemie. Bd. I. S. 479. Anm.)

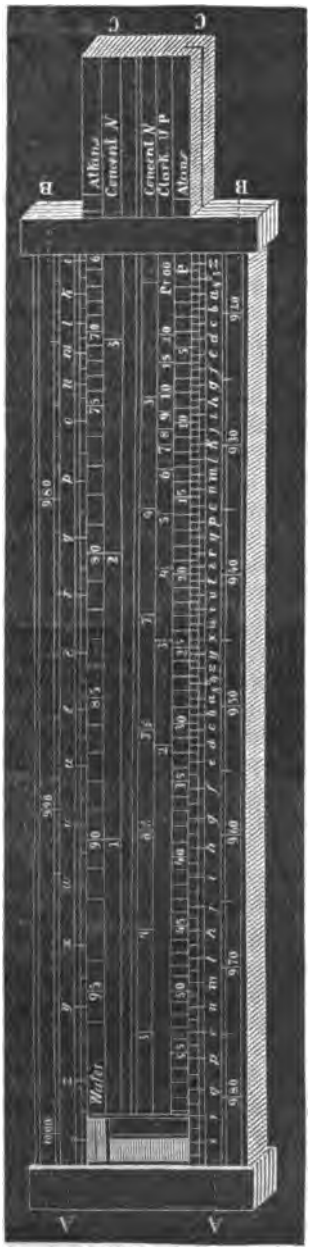
***) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 477.

†) Nicholson's Journ. August 1802. Gilbert's Ann. Bd. XXXVIII. S. 43. Atkins, Relation between the specif. gravities and the strength of spiritous Liquors. Lond. 1813.

I.


C
C
B
B
Atkins
Dicas cor. D
Clark. U P
Cement N
Atkins Levulen
Cement N
Dicas cor. D
Atkins
Thermometer-Scale
a
A
A

II.


C
C
B
B
Atkins
Cement N
Cement N
Clark. U P
Atkins
Water
A
A

III.

A
B

IV.

neben ihnen läuft eine Theilung fort, deren Theilstriche den Punkt angeben, wo die Oberfläche der Flüssigkeit, in der das Instrument schwimmt, den Stiel schneidet. Die Anzahl aller Theile ist 55, wie die Figur zeigt. Das Instrument wiegt etwa 400 Gran und es befinden sich bei demselben vier Gewichte von der Form wie Fig. IV., welche mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet sind und dieser Ordnung nach 20, 40, 61 und 84 Gran wiegen. Sie werden nach Erforderniß der Umstände auf den Schenkel C geschoben, wo sie von dem unten befestigten Gewichte B getragen werden. Diese Gewichte sind so justirt, daß, wenn das Aräometer, mit einem derselben, z. B. mit Nr. 2, belastet, sich in der gegebenen Flüssigkeit so tief einsenkte, daß der Stiel A genau bis an den Theilstrich der untern 0 eingetaucht wäre, und man dieses Gewicht mit dem nächstfolgenden Nr. 3 vertauschte, das Instrument sich bis an den Strich der 0 an dem obern Ende der Theilung eintauchen würde. Auf diese Art wird der Stiel fünfmal länger gemacht, als er wirklich ist, und die Anzahl der Abtheilungen wird bis auf 275 gebracht. So wie es in der Figur ohne Gewicht vorgestellt wird, sinkt es in eine Flüssigkeit, deren eigenthümliches Gewicht 0,806 ist, genau bis an den Theilstrich der obern 0, und in einer Flüssigkeit vom eigenthümlichen Gewichte 0,843 bis an den Theilstrich der untern 0 ein; die dazwischen befindlichen Theile entsprechen den eigenthümlichen Gewichten, welche zwischen jenen beiden liegen. Mit Nr. 1 belastet zeigt diese Senkwage die eigenthümlichen Gewichte von 0,843 bis 0,880, mit Nr. 2 von 0,880 bis 0,918, mit Nr. 3 von 0,918 bis 0,958, und mit Nr. 4 von 0,958 bis 1000 an. Die Oberfläche des Wassers, in welches das Instrument mit dem letztern Gewichte gesenkt wird, trifft bei 55° F. Wärme genau in den Theilstrich der untern 0. (Es ist aber nicht zu übersehen, daß die Bedeutung jedes solchen unter das Niveau der Flüssigkeit gebrachten Gewichts von der Dichtigkeit dieser Flüssigkeit abhängt, indem es um so viel erleichtert wird, als ein dem seinen gleiches Volumen der Flüssigkeit wiegt.)

Das eigenthümliche Gewicht, welches jeder Theilstrich des Aräometers anzeigt, findet man mittelst des mit einem Schieber und mehreren Theilungen versehenen Lineals (Rechenstabes), dessen beide flache Seiten in Fig. I. und II. abgebildet sind. Die Theilstriche A A, A A, welche mit den Buchstaben des Alphabets bezeichnet sind, beziehen sich auf die Theilstriche der Senkwage, wenn diese mit demjenigen Gewichte beschwert ist, dessen Nummer bei dem Anfange jeder dieser Buchstabenreihen über der untern 0 angegeben ist; und die äußern Theilstriche B B, B B, nahe an Rande des Lineals, zeigen die eigenthümlichen Gewichte des Spiritus an, in welchem die so belastete Senkwage sich bis an den gefundenen Theilstrich eintaucht, wenn man dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers bei 55° F. Wärme 1000 Theile gibt.

Um jedoch die Stärke und Güte des Spiritus zu erfahren, ist es nöthig, Wärme zu beobachten und die deshalb nöthige Correction anzuwenden, und Dieses läßt sich durch den Schieber dieses Instrumentes bewerkstelligen. Es dient dazu die mit Atkins bezeichnete Scale mit ungleichen Theilen, welche auf den Linien C C, C C des Schiebers angebracht ist, in Verbindung mit den Linien A A, A A, welche die Buchstaben des Alphabets führen. Das Verfahren ist folgendes: Nachdem man die Wärme der Flüssigkeit mittelst eines Thermometers gefunden hat, stellt man den mit einem Sternchen bezeichneten Zeiger des Schiebers, Fig. D, auf den gefundenen Wärmegrad der Thermometerscale, welche auf dem Instrumente an dem Rande des Schiebers gezeichnet ist. Man findet dann

Stärke des untersuchten Spiritus und die Güte desselben im Handel bei dem Theilstriche der mit Atkins bezeichneten Linie C, welcher alsdann auf eine der beiden Seiten des Lineals dem Buchstaben und dem Theile der Linie des Alphabets bei A zugehört, bei welchem die Oberfläche der Flüssigkeit den Stiel berührt hat.

Die mit Dicas und Clark bezeichneten Linien des Schiebers dienen, die Stärke und den Werth so anzugeben, wie sie mittelst der von diesen erfundenen Instrumente bestimmt werden.

Die Zahlen in der mit Concentration bezeichneten Spalte, welche über dem Worte Proof stehen, zeigen die Verminderung des Raumes an, die stattfindet, wenn man den gegebenen Spiritus durch Vermischung bis zur Probe bringt, und die Zahlen, welche unter dem Worte Proof stehen, geben die Verminderung, welche entsteht, wenn man dem Probespiritus die Stärke des gegebenen mittheilt. Diese Zahlen müssen im ersten Falle von der Menge, welche in der mit Atkins bezeichneten Spalte C angegeben ist, abgezogen werden, um das Procent nach der Schätzung im Handel genau zu finden. So zeigt z. B. 50 über der Probe in der Spalte Atkins an, daß man zu 100 Theilen des Spiritus, welcher diesem Theilstriche zukommt, 50 Theile Wasser gießen müsse, um den Probespiritus zu erhalten; daß man aber dann der Quantität nach nur 147 Theile erhalte, ersieht man aus der Spalte Concentration, welcher zufolge die Zusammenziehung bei der Mischung 3 Theile ausmacht. Bei dem Spiritus unter der Probe zeigen die Zahlen der Spalte Concentration die Verminderung des Raumes in Pinten auf 100 Gallonen der Mischung an. Wenn z. B. 70 Gallonen (à 8 Pinten) des Probespiritus mit 30 Gallonen Wasser vermischt werden, so erhält man eine Mischung, deren Stärke in der Spalte C mit 30 unter der Probe bezeichnet ist; weil aber die Concentration 7 Pinten giebt, so hat man blos $99^1/_8$ Gallonen.

Wenn das Aräometer blos zu spirituösen Mischungen dienen soll, so werden die Gewichte, wie oben angeführt worden, einzeln gebraucht; wenn man aber dem Gewichte Nr. 4 die übrigen nach und nach beifügt, so läßt es sich zur Untersuchung der Würze und anderer Flüssigkeiten anwenden, deren eigenthümliche Gewichte sich zwischen 1,000 und 1,109 befinden, oder die, um in der Sprache der Brauerei zu reden, auf eine Tonne*) um 40 Pfund schwerer als Wasser sind. In diesem Falle sind die andern drei Seiten des Stiels auch mit Graden versehen, und es findet sich in dem Futterale des Instrumentes noch eine andere Scale mit einem fahrenheitischen Schieber, der an einer Thermometerscale vorbeistreicht, um die Würze bei verschiedenen Temperaturen vergleichen zu können.

Das Hydrometer von Speer ist auf seinem achtseitigen Halse mit acht Scalen für die Temperaturen 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70° F. ausgestattet und außerdem mit vier kleinen Stiften, welche in den untersten Theil des Instrumentes eingestellt werden können und dasselbe durch die Veränderung des Gewichtes für die zwischen den angegebenen liegenden Temperaturen berichtigen sollen.

Endlich gehört hierher noch das Hydrometer von Sike, dessen man sich gegenwärtig bei Erhebung der Branntweinsteuer in England bedient. Es gleicht dem Atkins'schen Instrumente, hat auf seinem vierseitigen Stiele eine in 11 gleiche Theile getheilte Scale und ist mit neun Zulage-Gewichten versehen. Von diesen

*) Barrel; ein Barrel Ale hält 32 und ein Barrel Bier 36 Gallonen.

können acht ringförmige so übergeschoben werden, daß sie unter das Niveau der Flüssigkeit kommen, während das neunte eine parallelepipedische Gestalt hat und oben auf den Hals gesteckt werden kann. Die ringförmigen Gewichte tragen die Bezeichnung 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80. Der parallelepipedische Aufsteckkörper hat das Gewicht 60 = $^1/_{12}$ vom Gewicht des ganzen Instrumentes. Er muß so regulirt sein, daß, wenn er oben und das Gewicht 60 unten aufgesteckt ist, das Hygrometer in Wasser von 51° F. Temperatur bis zum Probepunkte einsinkt, und daß, wenn man hierauf den ersten Gewichtskörper wegnimmt, das Instrument in Probespiritus bis zu demselben Punkte einsinkt.

Auch für alle anderen Arten von Flüssigkeiten, welche wesentlich nur aus zwei Bestandtheilen bestehen, kann man mit Erfolg Aräometer anfertigen, welche den Gehalt derselben bezeichnen. In den Seifensiedereien prüft man die Stärke der aus Asche und Kalk bereiteten Aetzlauge mit einer Laugenwage oder Laugenprobe, welche zuweilen als Procent-Aräometer eingerichtet ist. Die Concentration von Salzlösungen prüft man mit den Salzspindeln, Salzwagen, Sool- oder Gradirwagen, Salpeterspindeln und Pottaschenwagen, welche gewöhnlich Scalen haben, an denen die Grade angeben, wie viel Gewichtstheile Kochsalz, Salpeter oder Pottasche in 100 Gr. der Auflösung enthalten sind. Man hat auch Salzspindeln, deren Grade den Gehalt an Kochsalz in 128steln ausdrücken, so daß man durch sie sogleich erfährt, wie viel Quentchen Kochsalz in 1 Pfund der Auflösung enthalten sind, da 1 Pfd. = 128 Quentchen. Solcher Instrumente bedient man sich auch in den Pottasche-Siedereien. Wo darauf ankommt, das Eintreten eines gewissen Grades der Concentration abzuwarten, z. B. beim Abdampfen gewisser Salzauflösungen bis zu dem zur Krystallisation günstigen Momente der Concentration, bedarf man nur eines Aräometers mit einem einzigen festen Punkte, der so abgepaßt ist, daß das Instrument bis zu ihm einsinkt, sobald der angegebene Moment eintritt. In diesem Falle ist es nach Karmarsch[*]) am zweckmäßigsten, sich als Aräometer einer mit Schrot beschwerten Glaskugel mit kurzem Halse zu bedienen, an welcher nur die Stelle bemerkt ist, bis zu welcher über die Oberfläche der Flüssigkeit bei gehöriger Concentration derselben hervorragt. Bei der Zuckersiederei bedient man sich zuweilen sogenannter Saccharometer, deren Scale so construirt ist, daß man den Punkt, bis zu welchem das Instrument in destillirtem Wasser bei 14° R. einsinkt, mit 0, den Punkt aber, bis zu welchem es in einer Mischung aus 1 Theil Zucker und 10 Th. Wasser sinkt, mit 10 bezeichnet, den Abstand beider Punkte in 10 gleiche Theile theilt und noch 30 Theile nach unten zu aufträgt. Die so erhaltenen 40 gleichen Theile entsprechen aber keineswegs gleichen Zuckermengen in der Auflösung. Andere Zucker-Aräometer sind mit dem Beaumé'schen allgemeinen Aräometer übereinstimmend graduirt, enthalten jedoch nur die Grade 20—36, welche allein bei der Prüfung des Zuckersyrups in Anwendung kommen. Die hierher gehörigen Instrumente lassen sich nach dem eben vorhandenen Bedürfnisse vervielfältigen: Meißner (s. Aräometrie) beschreibt einen Schwefelsäure-, Salzsäure- und Ammoniak-Messer und giebt die auf Versuche gegründeten Tabellen an.

Auch für zusammengesetztere Flüssigkeiten, wie Milch, Bier, Wein, hat man Aräometer construirt, welche aber nur sehr unzuverlässige Bestimmungen geben.

*) Prechtl, Technolog. Encycl. Bd. I. S. 337.

können. Das von Cadet de Vaux angegebene Galaktometer (Milchmesser) ist ein, wie das Beaumé'sche, graduirtes Aräometer mit den Graden von 0 bis zu 8 abwärts. Die Kugel des Instrumentes ward so groß genommen, daß die einzelnen Grade hinlänglich groß ausfielen, um noch in Viertel getheilt werden zu können. Das Instrument sinkt in guter, nicht abgerahmter Milch bis zu $4^1/_2$—5 Grad ein, in abgerahmter Milch bis zu $5^1/_4$, in mit Wasser verdünnter Milch nur bis zu $3^3/_4$—4 Grad. Hieraus ersieht man schon die Unzuverlässigkeit des Instrumentes, weil sowohl fettere als mit Wasser verdünnte Milch leichter als reine abgerahmte Milch ist. Zusätze von Mehl u. dergl. bringen noch größere Unsicherheit in die Angaben des Galaktometers. Davy's Lactometer ist nur für abgerahmte Milch bestimmt. Davy überzeugte sich durch oft wiederholte Versuche mit Milch aus verschiedenen Meiereien, daß das specifische Gewicht der unverfälschten abgerahmten Milch nicht unter 1,036, meist 1,037 oder 1,0375, seltener bis 1,040 beträgt (bei 8° R.). Käufliche Milch fand er öfter mit $^1/_8$ bis $^1/_3$ Wasser verdünnt, übrigens aber durch keinen Zusatz verfälscht; die schlechteste darunter hatte ein specifisches Gewicht von 1,026. Auf diese Erfahrung ist die Scale des Milchmessers gegründet, bei der jener Punkt, bis an welchen das Instrument in der leichtesten unverfälschten Milch vom specifischen Gewichte 1,035 (bei 60° F.) einsinkt, mit 0 bezeichnet ist und jeder der 35 von hier nach oben aufgetragenen Grade ein Procent Wasser mehr anzeigt; so daß z. B. Milch am Instrumente 20° zeigt, wenn ihr auf 100 Theile 20 Theile Wasser zugesetzt sind, also im Ganzen $^1/_6$ Wasser enthält. Diese Scale ist für die Temperatur von 60° F. (12°,44 R.) gültig; für jede 3° F. ($1^1/_3$° R.) darüber oder darunter müssen der beim Einsenkungspunkte stehenden Zahl 1 abgezogen oder zu derselben hinzugefügt werden, um die von dem Temperatur-Unterschiede herrührende Veränderung des specifischen Gewichts zu corrigiren. Andere Zusätze als Wasser machen natürlich auch hier das Resultat trüglich.

Das Galaktometer von Dinocourt *) besteht aus einer weiten Kugel mit einer dünnen Röhre; das Instrument sinkt bis 0° in destillirtem Wasser ein. Unterhalb des Nullpunktes befinden sich drei Hauptabtheilungen, welche jede in 20 Grade eingetheilt sind. Reine Kuhmilch zeigt stets $4^{12}/_{20}$—$4^{16}/_{20}$, abgerahmte Milch $5^1/_{20}$—$5^6/_{20}$. Durch Verdünnung mit $^1/_5$, $^1/_3$, $^1/_2$ Wasser sinkt das Instrument auf $3^{10}/_{20}$, $3^6/_{20}$, $3^2/_{20}$; abgerahmte Milch mit Wasser vermischt zeigt in $^1/_8$—$^1/_7$ Wasser den Normalgrad, enthält aber dann natürlich weniger Butter. Colostrum zeigt $7^{16}/_{20}$. Ist die Milch zähe und zeigt den Normalgrad, so enthält sie Colostrum; ist sie dabei dünnflüssig, so ist sie verdünnt oder bei hinreichender Buttermenge von einem kranken Thiere. Diese Prüfung muß daher zusammen vorgenommen werden mit einer Prüfung auf die Rahmmenge.

Weinwagen stellt man her, indem man ein Aräometer in Wasser schwimmen läßt, den Punkt, bis zu welchem es einsinkt, mit 0 bezeichnet, es dann in guten Wein bringt und zu dem Einsenkungspunkte 10 schreibt, endlich den Abstand der beiden Punkte in 10 gleiche Theile theilt. Die Unzuverlässigkeit des Instrumentes liegt auf der Hand, wenn man zumal berücksichtigt, daß die Güte des Weins nicht nur von seinem Gehalt an Weingeist, sondern auch von seinem Zuckergehalt

*) Chevalier u. Henry, Journ. de chim. méd. 1839. p. 145. 193. Handwörterb. der Chemie u. Physik. Bd. II. S. 144.

abhängt und daß sich die Beschaffenheit des Weines verändert, indem sich der Zucker in Weingeist umwandelt.

Gleiche Bewandtniß hat es mit den Bierwagen oder Bierproben. Dieselben unterscheiden sich von der Weinwage nur insofern, als sie für eine Flüssigkeit bestimmt sind, welche schwerer als Wasser ist, während der Wein im Allgemeinen leichter als Wasser ist. Die Bierprobe hat also den Nullpunkt oben, während ihn die Weinprobe unten hat. Cadet de Vaux hat das Beaumé'sche Aräometer zur Prüfung des Weines und des Mostes vorgeschlagen und Chevalier hat hiernach zwei Instrumente ausgeführt, welche er Gleukometer (Mostmesser) und Oenometer (Weinmesser) nannte. Ersteres enthält von der Beaumé'schen Scale für schwerere Flüssigkeiten nur die ersten Grade von 0 bis 16 abwärts; aber diese Grade sind groß, damit das Instrument empfindlicher wird. Je weniger dasselbe im Moste einsinkt (d. h. je mehr Grade es anzeigt), desto mehr Zucker kann man in letzterem voraussetzen und desto besserer Wein ist daher zu erwarten. Achtgradiger Most giebt nur mittelmäßigen, zwölfgradiger schon guten Wein. An dem Oenometer, dessen Scale unten mit Null anfängt, zeigen schwache Weine 1 oder 2, bessere 4 bis 5, sehr gute 7, auch 8 Grad. Man kann beide Scalen mit einander verbinden, wo dann der Nullpunkt in die Mitte fällt, die Grade über demselben für den Wein, jene darunter für den Most gebraucht werden.

Karmarsch *) erwähnt noch ein von Hermbstädt vorgeschlagenes Loharäometer, welches vom Nullpunkte (dem des destillirten Wassers) abwärts 20 Grade hat, die nach Gewichtsprocenten die in der Lohbrühe enthaltene Menge von Gerbstoff und andern aus der Lohe aufgelösten Substanzen anzeigen sollen.

Laurot **) in Rouen hat ein Oleometer (Oelmesser) angegeben, welches zur Prüfung der Reinheit des Oeles dienen soll. Der Apparat beruht auf der Eigenthümlichkeit der Oele, daß sie bei einer Temperatur von 100° C. sehr verschiedene specifische Gewichte haben. Das Oleometer besteht aus einem Gefäß von Weißblech, in welches Wasser (zum Marienbade) gegossen und ein hohler Cylinder von Weißblech gebracht wird, der das zu prüfende Oel enthält. Das Wasser wird über Feuer zum Sieden gebracht und theilt seine gleich bleibende Siedetemperatur dem Oele mit. Ein kleines Aräometer schwimmt in dem Oele und zeigt das specifische Gewicht desselben an. Sein Hals ist in gleiche Theile getheilt; er hat 200 Grade über und 25 unter Null. Ein kleines Thermometer zeigt an, wann das Oel die Temperatur 100° C. erlangt hat. Laurot hatte besonders die Prüfung des Rüböls im Auge und hat Tafeln berechnet, welche angeben, welche Grade des Oleometers eine Beimischung von gewissen andern Stoffen, deren Vorhandensein man durch chemische Mittel erproben muß, in gewissen Quantitäten verrathen.

Der Artillerie-Lieutenant Becker ***) hat ein Pulveraräometer angegeben, dessen Scale so regulirt ist, daß bei einer Lösung von 400 Gran Pulver in 1 Pfd. destillirtem oder Regenwasser und bei 14° R. Temperatur jeder $^1/_2$ Procent Salpetergehalt im Pulver anzeigt, welches nach dem obigen Verh

*) Prechtl, Technol. Encycl. Bd. I. S. 341.
**) Dictionn. des arts et manufact. p. 2005.
***) Jahrbücher des polytechn. Instituts. Bd. XVII.

nig in Wasser gelöst ist, so daß man nur nöthig hat, die Zahl des Aräometers mit 20 zu multipliciren, um den Procentgehalt des Pulvers an Salpeter zu erhalten.

Die aräometrischen Glasperlen, welche Wilson zuerst angegeben und Lovi verbessert und in großer Auswahl angefertigt hat, sind kleine hohle Glaskugeln von ungleichem Gewicht. Wirft man solche Perlen in eine Flüssigkeit, so sinken alle diejenigen unter, welche schwerer sind als ein dem ihrigen gleiches Volumen der Flüssigkeit, während alle diejenigen obenauf schwimmen und untergetaucht emporsteigen, welche leichter sind als ein dem ihrigen gleiches Volumen der Flüssigkeit. Diejenigen dagegen, welche genau ebenso schwer sind als ein dem ihren gleiches Volumen der Flüssigkeit, bleiben in dieser schweben, wohin man sie auch stößt. Die numerirten Glasperlen sind nun so regulirt, daß ein vollständiges Sortiment alle vorkommenden specifischen Gewichte tropfbarer Flüssigkeiten repräsentirt in Unterschieden von je zwei Tausendtheilen.

Aräometrie, s. Aräometer.

Argentan, s. Nickel.

Armatur, Armirung (v. d. lat. armare, bewaffnen), Bewaffnung bezeichnet in der naturwissenschaftlichen Kunstsprache jede Art von Ausrüstung zu gewissen Zwecken. Man spricht von einer Armirung des natürlichen Magnets und versteht darunter die Umkleidung desselben mit Eisenblech, um seine magnetische Kraft zu concentriren (s. Magnet). Man spricht von einer Armatur der Muskeln und Nerven und versteht darunter die Metallblättchen oder Scheiben, welche man an den Nerven und Muskeln zum Zwecke gewisser galvanischer Versuche in Berührung bringt (s. Galvanismus).

Armillarsphäre, s. Ringkugel.

Arragonit, so genannt von seinem ersten Fundorte Molina in Arragonien. Das Krystallsystem dieses Minerals ist zwei- und zweigliedrig und vorzüglich zu Zwillingsformen geneigt; die Grundform ist eine geschobene vierseitige Säule von nahezu 116° (welcher der nicht vollkommene blätterige Bruch parallel ist) mit einer auf den scharfen Seitenkanten aufgesetzten Zuschärfung von 109° 5′ und gewöhnlich mit Abstumpfungsflächen der scharfen Seitenkanten. Die Zwillinge bilden sich auf die Art, daß zwei Individuen sich mit einer Säulenfläche an einander legen, während die andern Flächen der Säule umgekehrt liegen; die Zuschärfungsflächen bilden an der Endfläche eine federartige Streifung und diese stellt sich, wenn die einspringenden Winkel ganz verschwinden, in Folge der Abstumpfungsfläche der scharfen Seitenkanten, als ein symmetrisches Sechseck dar, in welchem nur zwei der sich gegenüberliegenden Seiten parallel sind. Auch kommen häufig Durcheinanderwachsungen von zwei oder mehreren Krystallen vor. Es finden sich auch sehr spitze, spießige Krystalle, welche schöne doppeltsechsseitige Pyramiden bilden, deren Flächen einer sehr scharfen, auf die Säule gerade aufgesetzten Zuspitzung angehören und zur Grundfläche das Sechseck mit den Winkeln von 128° haben, das einer zwillingsartigen Durcheinanderwachsung entspricht. — Der Arragonit hat das specif. Gewicht = 2,9 bis 3, seine Härte ist ungefähr die des Flußspaths; er zeigt oft einen dem Diamantglanz nahe kommenden Glasglanz, auch Fettglanz, im frischen Bruch besonders lebhaft. Er kommt farblos oder gelblich, röthlich, violett ꝛc. gefärbt vor, außer krystallisirt auch stenglig, schalig und ästig; der korallenartig verzweigte heißt auch Eisenblüthe; er findet sich auf Gängen, besonders im Kalk, weniger, aber doch ebenfalls im Urgebirge, Uebergangsgebirge (im Ueber-

gangskalke in Tyrol auf Klüften), und die großen Kryſtalle in Gyps eingewachſen
Die beiden optiſchen Axen neigen ſich nach Brewſter unter 18° 18′, die ſchei
baren nach Neumann unter 30° 48′. Die ſpecifiſche Wärme, gegen die de
Waſſers, iſt beim Arragonit = 0,1966, beim Kalkſpath = 0,2015 (Neu
mann). Der Arragonit bildet mit dem Kalkſpath eins der ſchönſten Beiſpie
iſomeriſcher Körper, denn er beſteht im Weſentlichen, wie dieſer, allein a
kohlenſaurem Kalke, indem die Beimengungen von kohlenſaurem Bleioxyd (in de
Arragonit von Tarnowitz 2—4 Proc.) und namentlich von kohlenſaurer Stro
tianerde (1—4 Proc.), von welcher letztern man früher die von der des Kal
ſpaths ſo ſehr abweichende Kryſtallform abhängig machte, als unweſentlich zu b
trachten ſind, da man Arragonitkryſtalle gefunden hat, die aus völlig reinem ko
lenſaurem Kalke beſtanden; dieſer iſt alſo dimorph. G. Roſe*) hat gezei
daß man dieſe beiden Formen auch künſtlich erhalten kann, indem aus einer heiß
wäſſerigen Löſung von kohlenſaurer Kalkerde dieſe in der Form des Arragonits
abſetzt (ſo der Kalkſinter in heißen Quellen, wie der Carlsbader Sprudelſtein u
daß man dagegen aus kaltem kohlenſaurem Waſſer oder durch Fällen einer Auf
ſung von Chlorcalcium denſelben in mikroſkopiſchen Kalkſpathkryſtallen erhält.
Der Arragonit hat ferner die Eigenſchaft, wenn man ihn bis zum anfangend
Glühen erhitzt, zu einem groben Pulver zu zerſpringen, welches dann nach Ha
binger**) aus kleinen Kalkſpathkryſtallen beſteht und nach G. Roſe (a. a. O
wenigſtens das ſpecifiſche Gewicht des Kalkſpaths beſitzt, welches bekanntlich merk
geringer als das des Arragonits, nämlich = 2,71 bis 2,73 iſt. E. W.

Arſenik (Scherbenkobolt, Fliegengift; lat. Arsenicum, c
baltum crystallisatum; griech. ἀρσενικόν des Dioscorides, wegen ſ
ner kräftigen Wirkung von ἀρσενικός, männlich) wurde 1694 von Schröd
und zuerſt rein im J. 1733 von Brandt aus der ſchon ſeit Jahrhunderten
kannten arſenigen Säure dargeſtellt. In der Natur findet es ſich zuweilen ge
gen (Scherbenkobalt), gewöhnlich in Verbindung mit Metallen, beſond
Kobalt, Nickel, Eiſen ꝛc., oder mit Schwefel (Auripigment, Arſenikki
ſeltener mit Sauerſtoff als arſenige Säure und arſenikſaure Sal
Man gewinnt das Arſenik durch Sublimation des in der Natur vorkommen
Scherbenkobalts oder namentlich des Arſenikkieſes, indem bei der Deſtillation
letztern der Schwefel beim Eiſen zurückbleibt; es wird gereinigt durch nochma
Sublimation mit Kohlenpulver. Es iſt ſehr ſpröde und leicht pulveriſirbar, ſt
grau oder lichtbleigrau und ſtark metalliſch glänzend, von blättrigem Gefüge
kryſtalliſirt in Rhomboëdern, deren Endkantenwinkel = 85° 26′ iſt und die
weilen in Verbindung mit einem ſpitzeren und einem ſtumpferen Rhomboëder
treten (Gmelin); das ſpecifiſche Gewicht iſt nach Karſten = 5,6281,
Herapath = 5,672, nach Lavoiſier = 5,76 und nach Guibourt
5,959; es iſt geruch- und geſchmacklos und verflüchtigt ſich, ohne zuvor zu ſch
zen, bei dunkler Rothglühhitze, etwa zwiſchen 326 und 360°. Das Arſenikga
farblos, hat ein ſpecif. Gewicht = 10,37 (Mitſcherlich) und verbreitet e
ſtarken knoblauchartigen Geruch. — An der feuchten Luft verliert das reine Ar
ſeinen Glanz und wird grauſchwarz, indem es ſich mit einer Schicht von S

*) Pogg. Ann. Bd. XLII. S. 363.
**) Pogg. Ann. Bd. XI. S. 177.

oxyd überzieht, und zerfällt endlich zu einem schwarzen Pulver, rascher bei einer Temperatur von 30 bis 40°; in trockner Luft verändert es sich nicht, ebenso wenig in luftfreiem Wasser; ist dieses aber lufthaltig oder hat die Luft Zutritt, so oxydirt es sich zu arseniger Säure (Arsenoxyd, weißes Arsenik, Arsenikblumen, Rattengift, Hüttenrauch, Giftmehl), welche sich im Wasser auflöst. Die letztere bildet sich auch, wenn man Arsenik an der Luft erhitzt, bis es mit blaßblauer Flamme unter Bildung eines röthlichen, knoblauchartig riechenden Rauches verbrennt; oder man erhält sie im Großen durch Rösten arsenikhaltiger Erze, indem man den Dampf in sogenannten Giftfängen condensirt. Arsenik wird ferner durch Behandlung mit Salpetersäure zu arseniger Säure oxydirt; diese ist schon seit dem 11. Jahrhundert bekannt und kommt in der Natur als Arsenikblüthe vor. Man kann sie in zweierlei Krystallformen erhalten: in durchsichtigen, lebhaft glänzenden, regelmäßigen Oktaëdern und Tetraëdern oder in biegsamen Prismen und sechsseitigen rhombischen Tafeln, und im amorphen Zustande als Arsenikglas. Das sogenannte Giftmehl gehört dem erstern Zustande an; es ist ein zartes, weißes krystallinisches Pulver. Frisch bereitet und geschmolzen ist die arsenige Säure vollkommen durchsichtig und glasartig und hat ein specif. Gewicht = 3,7385; bei längerem Liegen verliert sie ihre Durchsichtigkeit und wird porzellanartig, in Folge ihres Ueberganges aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand, und ihr specif. Gewicht sinkt auf 3,699 herab. Die arsenige Säure schmilzt in verschlossenen Gefäßen zu einem Glas; an der Luft verflüchtigt sie leichter als das Metall, nach Mitchell schon bei 218°, und wird, ehe sie sich verflüchtigt, weich, aber ohne vollkommen zu schmelzen; das Gas ist farblos, geruchlos und hat ein specif. Gewicht = 13,85 (Mitscherlich). Die Säure schmeckt schwach metallisch und süßlich; sie ist in Wasser und Weingeist ziemlich löslich, bildet eins der heftigsten Gifte und dient als Heilmittel, zur Glasbereitung, zur Färberei, zur Herstellung verschiedener Farben, zum Vergiften schädlicher Thiere. Die arsenige Säure = As^2O^3 besteht aus 75,8 Arsenik und 24,2 Sauerstoff, und verhält sich gegen viele Säuren (namentlich Weinsteinsäure) als Base (Arsenoxydsalze) ähnlich dem Antimonoxyd; gegen Basen verhält sie sich wie eine sehr schwache Säure, sie bildet Salze, von denen man noch keins hat krystallisirt erhalten können. Das arsenigsaure Kali ist in der Solutio arsenicalis (Solutio Fowleri) enthalten. Das weinsteinsaure Kali- und das Ammoniak- und traubensaure Natron-Doppelsalz krystallisiren sehr gut.

Die dritte Oxydationsstufe des Arseniks, die Arsenikſäure (As^2O^5), erhält man durch Auflösen von metallischem Arsenik oder von arseniger Säure in Königswasser, Abdampfen bis zur Trockenheit und sehr schwaches Glühen des Rückstandes. Sie bildet nach dem Schmelzen eine farblose, durchsichtige, glasartige Masse, die nach längerem Aufbewahren weiß und undurchsichtig wird; sie schmilzt in schwacher Glühhitze und zersetzt sich in starker Glühhitze in arsenige Säure und Sauerstoff. Specif. Gewicht nach Bergmann = 3,391, nach Karsten = 3,734. Die Arsenikſäure löst sich langsam in 6 Th. kaltem Wasser auf, vollständig erst nach einigen Tagen, schneller in 2 Th. heißem; sie zerfließt an der Luft zu einer sehr sauren, stark metallisch schmeckenden, syrupartigen Flüssigkeit. Wird die Auflösung in Wasser bis zu einem bestimmten Punkte eingedampft und einer niedrigen Temperatur ausgesetzt, so bilden sich darin große Krystalle, die sehr leicht

zerfließen und Arsenikſäurehydrat ſind (Mitſcherlich). Die Arſeni
ſäure iſt eine ſtarke Säure, welche bei höherer Temperatur ſelbſt ſtarke flücht
Säuren aus ihren Verbindungen austreibt. Sie bildet mit Baſen drei Reih
von Salzen, mit 1, 2 und 3 At. Baſis, von denen die erſte Reihe ſaure,
zweite neutrale und die dritte baſiſche arſenikſaure Salze genan
werden. Dieſe Salze haben ſehr viele Aehnlichkeit mit den phosphorſauren;
ſind mit dieſen iſomorph, ſo daß jedem arſenikſauren Salze ein phosphorſau
mit derſelben Kryſtallform entſpricht. Die arſenikſauren Salze verlieren in hö
rer Temperatur ihr Kryſtallwaſſer, nehmen dieſes aber ſogleich wieder auf, ſo
ſie mit Waſſer wieder in Berührung kommen, ſo daß man aus einer wäſſeri
Auflöſung keine para- und meta-arſenikſauren Salze darſtellen kann, wie man
gleicher Behandlung der gewöhnlichen phosphorſauren Salze dieſe in para-
meta-phosphorſaure Salze verwandeln kann. Die Arſenikſäure bildet ferner
Theil ſchön kryſtalliſirte Doppelſalze, die man durch Sättigung der ſauren alk
ſchen Salze mit einer Baſe erhält. In der Natur kommen mehrere kryſtalliſ
Verbindungen der Arſenikſäure vor: mit Eiſenoxydul als Skorodit, mit K
erde als Pharmakolith, mit Eiſenoxyduloxyd als Würfelerz, mit Kup
oxyd als Euchroit, Olivenit ꝛc.

Arſenikwaſſerſtoff (As^2H^6) erhält man beim Auflöſen einer Legir
von Zink und Arſenik in verdünnter Schwefelſäure oder Salzſäure; es iſt ein f
loſes, äußerſt giftig wirkendes Gas, das ein ſpecif. Gewicht = 2,695 (Dum
hat, widerlich ekelerregend, dem Arſenik ähnlich riecht und ſich unter — 40°
einer klaren, waſſerhellen Flüſſigkeit condenſirt, die bei etwas höherer Tempera
wieder Gasform annimmt; beim Glühen zerlegt es ſich in Waſſerſtoffgas und
ſenik; von Chlor, Jod, Schwefel und Salpeterſäure wird es leicht zerſetzt
leicht reducirbare Metalloxyde werden durch dieſes Gas unter Bildung von W
und arſeniger Säure, ſchwerer reducirbare unter Bildung von Waſſer und Arſe
metall reducirt, während ſehr ſchwer reducirbare durch daſſelbe gar nicht verän
werden. 5 Vol. Waſſer abſorbiren von dieſem Gaſe nur 1 Vol.; von wäſ
gen Alkalien, Aether und Weingeiſt wird es nicht merklich verſchluckt, dag
reichlich von Terpentinöl und ein wenig von fettem Oel.

Mit Schwefel geht das Arſenik mehrere beſtimmte Verbindungen ein
es läßt ſich mit demſelben in allen Verhältniſſen zuſammenſchmelzen. Das in
Natur in zwei- und eingliederigen Kryſtallen ſich vorfindende Realgar
Zweifach-Schwefelarſenik (Sandarach, Rubinſchwefel, A
nikrubin, unterarſeniges Sulfid, As^2S^2) läßt ſich auch künſtlich
Zuſammenſchmelzen darſtellen; es hat nach Karſten ein ſpecif. Gewicht = 3,
eine morgen- oder hyacinthrothe und bräunliche Farbe (das Pulver iſt pom
zengelb), iſt leicht ſchmelzbar und deſtillirt in verſchloſſenen Gefäßen weit unte
Glühhitze unzerſetzt über. Es vereinigt ſich mit baſiſchen Schwefelmetall
Zweifach-Schwefelarſenikmetallen, oder den Hypoſulfarſeni
oder unterarſenigſchwefeligen Salzen von Berzelius. — D
fach-Schwefelarſenik oder Auripigment (gelbes Schwefelar
Rauſchgelb, Operment, Risigallum, arſeniges Sulfid von
zelius, ſulfarſenige Säure von Graham) kommt in der Natur in
nen zwei- und zweigliedrigen Kryſtallen vor und läßt ſich künſtlich auf naſſe
wohl als auf trocknem Wege darſtellen. Seiner Zuſammenſetzung nach entſp

es der arsenigen Säure, hat eine citrongelbe Farbe, schmilzt leicht und verflüchtigt sich bei Abhaltung der Luft unzersetzt. Wenn man die Dämpfe über glühendes Eisen oder Silber leitet, so entziehen diese Metalle dem Schwefelarsenik den Schwefel und das Arsenik wird abgeschieden; dasselbe geschieht, wenn man die Dämpfe über glühenden Kalk oder ein glühendes Gemenge von Kohle und kohlensaurem Kali oder von Kohle und Kalk leitet. Dieses Schwefelarsenik bildet ebenfalls mit basischen Schwefelmetallen salzartige Verbindungen, Dreifachschwefelarsenikmetalle, Sulfarsenite oder arsenikschwefelige Salze von Berzelius; es giebt drei Reihen dieser Verbindungen, indem man 1 At. Schwefelarsenik mit 1, 2 und 3 At. eines basischen Schwefelmetalls, z. B. Schwefelkalium, verbunden erhalten kann. — Fünffach-Schwefelarsenik (Arsenikfulfid von Berzelius, Sulfarsenikfäure von Graham, As^2S^5) bildet sich durch Fällung einer Arsenikfäure haltenden Lösung mittelst Schwefelwasserstoff oder durch Zersetzung des Natriumarsenikfulfids mit Schwefelfäure. Es ist ein blaßcitrongelbes Pulver, schmilzt schwieriger als die vorige Schwefelverbindung und ist nach dem Schmelzen beim Erkalten durchsichtig, gelbroth und unkrystallinisch; in höherer Temperatur destillirt es unverändert als eine rothbraune, dickflüssige Masse über. Es verhält sich gegen basische Schwefelmetalle als Säure und bildet die Fünffach-Schwefelarsenikmetalle, oder die Sulfarseniate oder arsenikschwefeligen Salze von Berzelius, welche ebenfalls auf 1 At. Arsenikfulfid entweder 1, oder 3 At. des basischen Schwefelmetalls enthalten; das Natriumarsenikfulfid mit 3 At. Schwefelnatrium erhält man in schönen großen, luftbeständigen Krystallen, die in der Wärme erst ihr Krystallwasser verlieren und zu einer dunkelrothen Flüssigkeit schmelzen. Wenn man eine Auflösung dieser Verbindung mit Alkohol versetzt und bis zur Hälfte der Flüssigkeit eindampft, so setzen sich beim Erkalten gelbe Krystallschuppen ab, welche zum größten Theile aus Arsenikfupersulfid (As^2S^3) bestehen (Mitscherlich).

Mit Chlor, Brom, Jod, Fluor geht das Arsenik direct Verbindungen ein: das Chlorarsenik ist eine ölartige, sehr schwere Flüssigkeit, die bei — 20° noch nicht gefriert (Davy), bei 132° kocht und deren Gas ein specif. Gewicht = 6,3 hat (Dumas); schon bei gewöhnlicher Temperatur der Luft ausgesetzt, verdunstet es unter Bildung von weißen Nebeln. Bromarsenik, eine weiße, strahlig-krystallinische Masse, schmilzt schon bei 20 bis 23° zu einer durchsichtigen gelblichen Flüssigkeit, raucht in diesem Zustande schwach an der Luft und kocht bei 220°. Jodarsenik ist eine ziegelrothe krystallinische Masse, auch kleine rothe Krystalle bildend, schmilzt beim Erhitzen und destillirt über; das specif. Gewicht des Gases beträgt 15,6. Fluorarsenik ist farblos und dünnflüssig, hat ein specif. Gewicht von 2,73 und kocht bei 63°. — Gegen Metalle verhält sich das Arsenik ebenso wie der Phosphor; es geht in verschiedenen Verhältnissen Verbindungen mit ihnen ein. Durch Destillation der arsenigen Säure mit essigsaurem Kali in einem luftdichtschließenden Apparate erhielt Bunsen einen interessanten arsenikhaltigen, äußerst giftigen Stoff, das Alkarsin, welches beim unvollkommenen Zutritt der Luft in Alkargen, bei der Destillation mit Salzsäure in Chloralkarsin sich verwandelt und überhaupt zur Darstellung einer großen Reihe von organischen Stoffen Veranlassung gegeben hat, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung wie in Betreff ihrer Eigenschaften gleich interessant sind.

Die Auffindung des Arseniks hat, wenn dasselbe nicht in zu geringer

Menge vorhanden iſt, keine bedeutenden Schwierigkeiten; die Gegenwart deſſelben giebt ſich durch den citrongelben Niederſchlag mit Schwefelwaſſerſtoff, durch den Metallbeſchlag, der ſich von einer Stelle der Glasröhre an die andere verflüchtigen läßt, und beſonders durch den charakteriſtiſchen knoblauchartigen Geruch zu erkennen, welchen es bei der Reduction aus ſeinen Verbindungen verbreitet. Man bildet in den Auflöſungen gewöhnlich zuerſt Schwefelmetall, welches man mittelſt Kohle und kohlenſauren Natrons oder durch oxalſauren Kalk reducirt, um den Metallſpiegel und den charakteriſtiſchen Geruch zu erhalten. Auch kann man die folgende Methode mit Vortheil anwenden: man wirft in die ſaure Auflöſung der zu prüfenden Subſtanz etwas Zink, wodurch, wenn Arſenik zugegen iſt, bei dem Erwärmen der Flüſſigkeit die Entwickelung von Arſenikwaſſerſtoffgas bewirkt wird; leitet man dieſes Gas durch eine glühende Glasröhre, ſo ſetzt ſich in dieſer ein Spiegel von flüchtigem Metall, welches Verhalten das Antimon bei einem ähnlichen Verhalten auch zeigt, nur daß dieſes weniger flüchtig und auch heller von Farbe iſt als das Arſenik und nicht deſſen eigenthümlichen Geruch beſitzt (Marſh). Die Auffindung des Arſeniks kann nur bei Gegenwart organiſcher Subſtanzen alſo bei gewöhnlichen *gerichtlich-chemiſchen Prüfungen auf Arſenik* mit Schwierigkeiten verbunden ſein; gewöhnlich muß man dieſe organiſchen Subſtanzen erſt zerſtören, entweder durch Kochen mit Salpeterſäure, oder mit Chlor und endlich mittelſt Salpeter, wobei man keine zu ſtarke Hitze anwenden darf, weil ſonſt leicht ein Theil des Arſeniks ſich verflüchtigen könnte; hierauf fällt man mittelſt Schwefelwaſſerſtoffs und behandelt den Niederſchlag wie ſo eben angegeben wurde. Namentlich wenn der durch Schwefelwaſſerſtoff gebildete Niederſchlag nur eine geringe Menge ausmacht, kann man denſelben in Ammoniak auflöſen, zu dieſer Auflöſung etwas Chlorcalcium ſetzen, das Ganze zur Trockenheit eindampfen und glühen, wodurch man arſenikſauren Kalk erhält, aus welchem ſich das Arſenik mittelſt oxalſauren Kalks leicht reduciren läßt. Bei Vergiftungsfällen kann man im Allgemeinen die folgende Methode anwenden: die zu unterſuchende Subſtanz wird durch Kochen mit ſchwacher Kalilöſung aufgelöſt, durch Baumwollenzeug filtrirt, und zu dieſer Flüſſigkeit reine Salzſäure im Ueberſchuß und Chlorcalcium zugeſetzt; die hierdurch coagulirten organiſchen Stoffe trennt man mittelſt feuchten Auspreſſens durch ein Tuch und filtrirt die Flüſſigkeit nochmals durch Papier, reducirt die gebildete Arſenikſäure mittelſt ſchwefeliger Säure zu arſeniger Säure, kocht bis die ſchwefelige Säure völlig entwichen iſt, fällt mit Schwefelwaſſerſtoff, filtrirt nach 24 Stunden den gebildeten Niederſchlag von der Flüſſigkeit ab und behandelt dieſen, wie oben angegeben iſt. — Bei *quantitativen* Unterſuchungen muß man das durch Schwefelwaſſerſtoff gefällte Schwefelarſenik, wegen des variirenden Schwefelgehalts deſſelben, durch Oxydation mit Salpeterſäure auflöſen oder beſſer und bequemer nach dem Auflöſen in Ammoniak durch chlorſaures Natron oxydiren und die gebildete Schwefelſäure durch Barytlöſung fällen und aus dem gewogenen Niederſchlage die Menge des vorhanden geweſenen Schwefels berechnen. Das Arſenik gehört hinſichtlich ſeines Verhaltens gegen Reagentien mit dem Zinn und Antimon in eine und dieſelbe Claſſe, indem es wie dieſe aus ſauren Auflöſungen durch Schwefelwaſſerſtoff als Schwefelmetall gefällt wird, welches in Schwefelwaſſerſtoff-Ammoniak ſich wieder auflöſt; durch dieſes Verhalten iſt es alſo mit Leichtigkeit von andern Elementar-Körpern, die jene Eigenſchaft nicht beſitzen, zu trennen, während die vollſtändige Abſcheidung deſſelben von Zinn

und Antimon allerdings mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist, auf welche wir bereits in dem Artikel Analyse bei Gelegenheit der Darstellung der analytischen Untersuchung des Fahlerzes aufmerksam gemacht haben. E. W.

Artesische Brunnen, s. Quellen.

Asbest ist ein, seiner chemischen Zusammensetzung nach, der Gattung der Hornblende angehörendes Mineral, das durch seine faserige Structur sich auszeichnet, weiß, grau, grün, braun oder anders gefärbt auftritt, ein specif. Gewicht = 2,5 bis 2,9 hat und vor dem Löthrohr zuweilen ziemlich leicht, oft aber auch äußerst schwer sich schmelzen läßt. Seine Unzerstörbarkeit in dem gewöhnlichen Kohlenfeuer, woher auch sein Name (von ἄσβεστος, unauslöschlich), hat Veranlassung gegeben, seine gerad- und feinfaserigen Varietäten, wie namentlich den Amianth, zu feuerfesten Zeugen zu verarbeiten; die Alten schon verfertigten diese Zeuge, in welche die Reicheren ihre Todten einhüllten, damit nach dem Verbrennen derselben deren Asche nicht mit andern Stoffen verunreinigt würde. Man bedient sich des Asbestes außerdem zu Lampendochten, ferner bei Herstellung chemischer Feuerzeuge, weil es von concentrirter rauchender Schwefelsäure nicht angegriffen wird, aus welchem Grunde dasselbe auch bei verschiedenen chemischen Operationen, namentlich um sehr starke Säuren oder ätzende Flüssigkeiten durch dasselbe zu filtriren, angewendet wird, ähnlich wie man hierzu auch den Bimsstein zu benutzen pflegt. Der sogenannte Holzasbest, der Bergkork ꝛc. sind Abänderungen dieses Minerals. E. W.

Aspecten (v. d. lat. aspectus, Anblick) wurden von den Astronomen und Astrologen des Alterthums die wichtigsten, von der Erde aus betrachteten scheinbaren Stellungen der Sonne, des Mondes und der Planeten gegen einander oder gegen die Fixsterne erster und zweiter Größe genannt. Aus den Aspecten mancherlei wahrsagten die Sterndeuter den Menschen ihr Schicksal. Mit der Sterndeutekunst ist aber auch das Ansehen der Aspecten gesunken, von denen in der Astronomie jetzt nur noch die Zusammenkunft oder Conjunction (☌), der Gegenschein oder die Opposition (☍) und der Geviertschein oder die Quadratur (□), sehr wenig aber der Gedrittschein (△) und der Sextilschein (*) im Gebrauch sind. J.

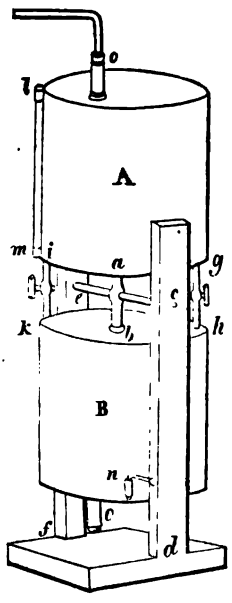
Asphalt, auch Erdpech, Judenpech genannt, ist eine bituminöse Substanz, die in manchen Gegenden in großer Menge sich vorfindet und wahrscheinlich mit Kohlenablagerungen in Verbindung steht, aus welchen es vermittelst heißer Quellen oder in Folge einer Art von Destillation an die Oberfläche gebracht worden sein mag; es schmilzt bei etwa 100°, hat ein specif. Gewicht = 1,07 bis 1,65, einen glänzenden, muschligen Bruch, brennt mit leuchtender und stark rußender Flamme und Hinterlassung einer geringen Menge erdiger Substanzen. Bei der trocknen Destillation wird es zersetzt. Er wird, mit Sand oder Steinen gemengt, hauptsächlich zu Dächern und Trottoirs, wie auch zum Straßen- und Brückenpflaster verwendet. E. W.

Aspirator (v. d. lat. adspirare anblasen), hat C. Brunner*) ein von ihm angegebenes Instrument genannt, welches dazu dient, einen andauernden Luftzug hervorzubringen, um mittelst desselben quantitative und qualitative Prüfungen der Luft vorzunehmen. Man kann sich desselben zu eudiometrischen und hygrometrischen Versuchen zu Bestimmung der in der Atmosphäre enthaltenen Substanzen,

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVIII. S. 265.

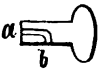
als Abdampfungs-, Sublimations-, Trocknungs- und Verbrennungsapparates ꝛc. bedienen. Die ihm von Brunner gegebene Einrichtung iſt folgende:

I.



A und B Fig. I. ſind zwei gleich große cylindriſche Gefäße von Blech, jedes von ungefähr 3/4 bis 1 Cubik-Fuß Inhalt, oben und unten mit einem Boden geſchloſſen. Durch eine eiſerne Stange a b, welche in den Mittelpunkten der beiden einander zugekehrten Boden befeſtigt iſt, ſind dieſelben in der Art verbunden, daß ſie ungefähr 6 Zoll weit von einander entfernt gehalten werden. Dieſe Stange hat in ihrer Mitte eine ſenkrecht auf ihre Richtung befeſtigte Querſtange c e, welche als Axe in den beiden hölzernen Trägern c d, e f ſich drehen läßt, ſo daß nach Belieben das eine oder das andere Gefäß die obere Stelle einnehmen kann. Beide Gefäße ſind überdies durch zwei Röhren g h, i k mit einander verbunden, die in ihrer Mitte mit Hähnen versehen ſind. Der eine dieſer Hähne iſt ein gewöhnlicher, der andere iſt ſo gebohrt, wie es Fig. II. zeigt, wo a den Luftkanal andeutet. Beide Gefäße tragen eine kurze Meſſingröhre o, welche an einer Seite des Randes angebracht iſt und mit einem Korke geſchloſſen werden kann. Dieſe Oeffnungen ſind bei beiden Gefäßen an dem nämlichen Punkte angebracht, ſo daß ſie beim Umdrehen des Apparates um ſeine Axe immer an die nämliche Stelle kommen, und haben auch genau die nämliche Weite. Endlich iſt an dem einen Gefäß der ganzen Länge nach eine Glasröhre angebracht, durch welche der Waſſerſtand im Innern beobachtet werden kann. Der Gebrauch des Inſtrumentes leuchtet von ſelbſt ein. Iſt nämlich das obere Gefäß mit Waſſer gefüllt und öffnet man die Hähne ſo, daß durch den einen das Waſſer aus dem obern in den untern Behälter abfließt, während die in dem unteren enthaltene Luft durch den eben beſchriebenen Hahn ausſtrömt, ſo wird die Atmoſphäre den Raum des oberen Gefäße zu erfüllen ſtreben und durch die Oeffnung o einſtrömen. Hier wird alſo der Apparat anzubringen ſein, der die Subſtanz enthält, auf welche die Luft einwirken ſoll, entweder in einer Wulffe'ſchen Flaſche oder in einer Röhre. Iſt das Waſſer abgefloſſen, ſo darf nur o geſchloſſen und der Apparat um ſeine Axe gedreht werden, um die Operation von Neuem zu beginnen. Um das Gefäß in ſeiner Lage feſtzuhalten, iſt an dem hölzernen Träger unten ein eiſerner Haken angebracht, welcher in eine an dem unteren Behälter angelöthete Hülſe (n) eingeſetzt wird.

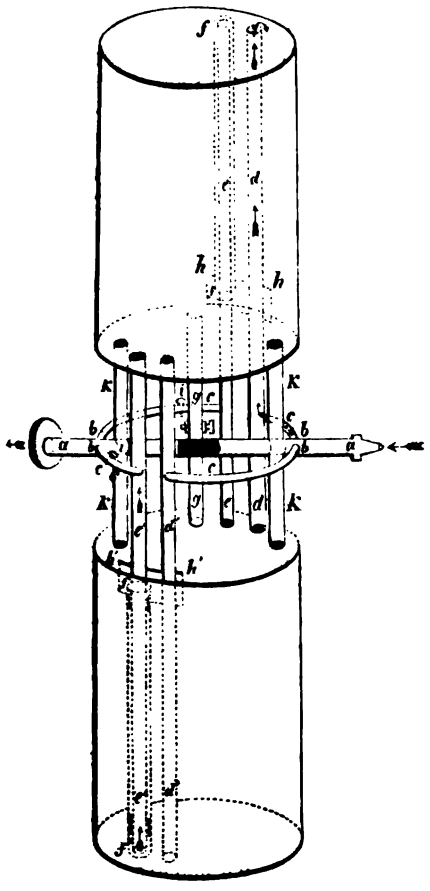
II.



Vor der jedesmaligen Umdrehung des Brunner'ſchen Inſtrumentes muß das Verbindungsrohr bei o aufgebunden werden. Dies iſt bei längeren Arbeiten mit Unzuträglichkeiten verknüpft, welche Abendroth *) veranlaßt haben, dem Aſpirator eine etwas veränderte Einrichtung zu geben.

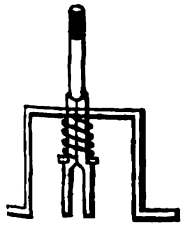
*) Pogg. Ann. Bd. LIII. S. 617.

I.



In der nebenſtehenden Zeichnung Fig. I., welche zur leichteren Anſchauung ohne Stativ gezeichnet iſt, erkennt man die Axe ſogleich in der, zwiſchen beiden Behältern horizontal durchgehenden Röhre aa. Abendroth bediente ſich eines Piſtolenlaufes, welchen er in der Mitte mit Blei ausgoß und rund drehen ließ. An dem einen Ende dieſer Axe befindet ſich ein meſſingner Zapfen, welcher in die Fig. II. beſonders gezeichnete Zapfenmutter eingeſchmirgelt iſt und ſich darin leicht luftdicht drehen läßt. Dieſe Zapfenmutter iſt erſt durch ein viereckiges Stück und dann durch ein rundes verlängert; über den viereckigen Theil paßt ein Sattel, welcher an das Stativ geſchraubt wird, bei der Drehung des Apparates die Zapfenmutter feſthält und mittelſt der Spirale gegen den Zapfen drückt. An der runden Verlängerung werden die Röhren befeſtigt, durch welche der Luftſtrom geſogen werden ſoll. An dem andern Ende der Axe befindet ſich ein eiſernes Zahnrad, welches nur die Drehung nach einer Richtung zuläßt und bei kleinen Behältern zugleich zum Feſthalten dienen kann. Die Axe iſt zunächſt durch Stäbe oder Röhren kk mit den beiden Behältern verbunden; an den Verbindungsſtellen bb aber iſt ſie an beiden Enden doppelt durchbohrt, indem von hier aus die Communication mit den Behältern durch enge, $\frac{1}{4}$ Zoll weite Röhrchen cc ſtattfindet. In die Behälter führen in gleicher Entfernung von beiden Enden der Axe, möglichſt nahe der Peripherie, zwei Röhren auf jeder Seite, von denen eine, dd, mit dem Einſtrömungsende der Axe, die andere, ee, mit dem Ausſtrömungsende derſelben dnrch die Röhren cc verbunden iſt. Beide Röhren gehen durch die Behälter bis 1 Zoll von dem Boden derſelben; die mit dem Ausſtrömungsende verbundenen Röhren ee, die aber ſtecken in anderen ff, f'f', welche ihnen vom Boden der Behälter entge-

II.



gen kommen und ſie bis einen Zoll vom Deckel des Behälters umſchließen. Iſt nun das obere Behältniß zu ungefähr $^4/_5$ bis $^5/_6$ mit Waſſer gefüllt, und es wird der Hahn des Communicationsrohres g g geöffnet, ſo kann die Luft durch d d leicht einſtrömen, während e e durch f f geſchloſſen iſt; dagegen ſteht die Ausſtrömungsöffnung e' e' des untern Behälters offen, während d' d' durch das einfallende Waſſer geſchloſſen wird. Bei h h und h' h' ſind im Innern kleine, 2'' hohe Schirme angebracht, welche verhindern, daß das einfallende Waſſer, an dem Deckel herablaufend, nicht in das Rohr f' f' oder f f gelange, in welchem Falle der Gang des Apparates gehemmt werden würde. Iſt das Waſſer abgelaufen, ſo dreht man ihn ohne Weiteres in der beſtimmten Richtung um, und der Apparat wiederholt ſein Spiel ſo oft man will. Aus der Conſtruction dieſes Aſpirators erſieht man, 1) daß derſelbe immer in der Richtung gedreht werden muß, daß ſich bei horizontaler Stellung des unteren mit Waſſer gefüllten Behälters die Röhre d d entleeren kann; 2) daß der Apparat nicht ganz mit Waſſer gefüllt werden darf; 3) daß die Umdrehung nie eher bewerkſtelligt werden darf, als bis alles Waſſer des oberen Behälters abgelaufen iſt.

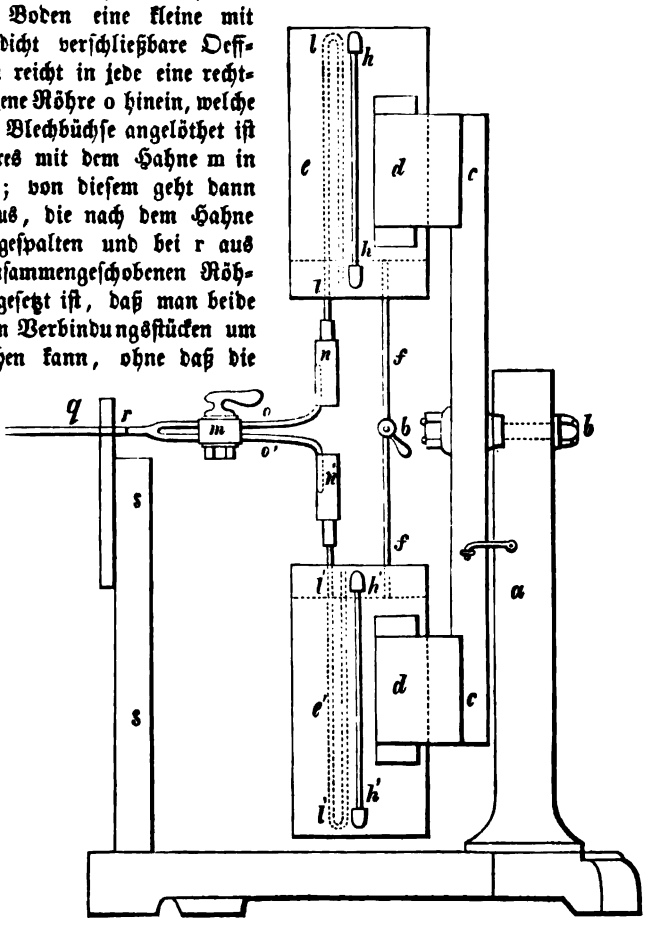
Wenn man mit Hülfe dieſes Aſpirators Luft durch Flüſſigkeiten treiben will, wo alſo im Innern des oberen Behälters eine, der Höhe der zu überwindenden Flüſſigkeitsſäule entſprechende Luftverdünnung entſteht, ſo lehrt die Hydroſtatik, daß auch in der Röhre f f des oberen Behälters das Waſſer um ſo viel niedriger ſtehen muß, als die Höhe der zu überwindenden Flüſſigkeitsſäule beträgt, und daß mithin beim Ablaufen des Waſſers bald ein Punkt eintreten muß, wo die Luft nicht mehr durch d d, ſondern durch f f in den obern Behälter tritt; um dies zu verhindern, ſind an beiden Röhrchen c c, welche zum Ausſtrömungsrohre führen, Hähnchen i i angebracht, von denen immer das nach oben führende geöffnet wird, wo dann die ganze Höhe, vom Hahn des Communicationsrohres an bis zum Niveau des Waſſers, wirkſam iſt.

Der von Volley *) angegebene Aſpirator iſt wie der Abendroth'ſche eingerichtet, daß das bei jedem Umdrehen der das Waſſer enthaltenden Gefäße nothwendige Löſen und neue Einpaſſen des Korkes (welches bei dem Brunner'ſchen Apparate nöthig iſt) wegfällt (ſ. umſtehende Abbild.). Auf einem dreifüßigen Geſtelle erhebt ſich die Säule a, durch welche die Axe b b hindurch geht, um welche die Stange c c gedreht werden kann. Dieſe Stange hält mit den Doppelbändern d d die beiden Waſſergefäße e und e; dieſe luftdicht geſchloſſenen Gefäße ſtehen durch die Röhre f f mit einander in Verbindung. Sobald der dieſe Röhre ſchließende Hahn geöffnet iſt, kann ſich das Waſſer aus dem obern Gefäße in das untere ergießen; beide Gefäße ſind ganz gleich eingerichtet: äußerlich iſt an ihnen eine Glasröhre h h zu ſehen, welche oben und unten luftdicht eingekittet iſt, und mit dem Innern des Gefäßes in Verbindung ſteht; ſie dient, das Niveau des Waſſers im Gefäß zu beobachten. Im Innern jedes dieſer Gefäße befindet ſich eine heberförmig gekrümmte Röhre, deren kurzer Schenkel nahe am Boden des Gefäßes mündet, während ihr langer Schenkel luftdicht durch dieſen Boden in die Blechbüchſe n geht, in welche er mit Hülfe eines Korkes luftdicht eingefügt

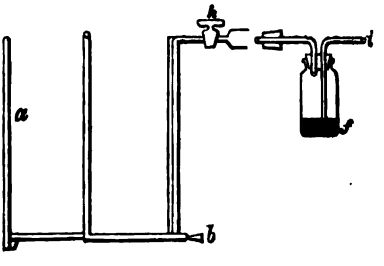
*) Annalen der Chemie und Pharm. Bd. XLI. S. 322.

iſt. Die Blechbüchſen n haben auf dem entgegengeſetzten Boden eine kleine mit einem Kork luftdicht verſchließbare Oeffnung; außerdem reicht in jede eine rechtwinklig umgebogene Röhre o hinein, welche ſeitwärts an die Blechbüchſe angelöthet iſt und deren Inneres mit dem Hahne m in Verbindung ſetzt; von dieſem geht dann eine Röhre q aus, die nach dem Hahne zu gabelförmig geſpalten und bei r aus zwei luftdicht zuſammengeſchobenen Röhren ſo zuſammengeſetzt iſt, daß man beide Gefäße mit ihren Verbindungsſtücken um die Axe b b drehen kann, ohne daß die Röhre q, welche durch den Ständer s s gehalten wird, ſich bewegt. Die Einrichtung des Hahnes m iſt nun von der Art, daß, während derſelbe die Röhre q durch o, n, l mit dem Innern von e in Verbindung ſetzt, gleichzeitig das Innere von e' mit l', n' und mit der äußern Luft in Verbindung bringt. Wird nun von q der Apparat, durch welchen Luft geführt werden ſoll, angebracht, ſo braucht man nur die Glasröhren h h im Auge zu behalten, um die Veränderung des Waſſerſtands in den Gefäßen zu kennen und zu rechter Zeit die Gefäße umzuwenden, um den erforderlichen Luftſtrom ununterbrochen zu erhalten. Es könnte auch noch eine mechaniſche Vorrichtung angebracht werden, welche dieſe Umdrehung rechtzeitig beſorgte. Ihren durch Einfachheit und Leichtigkeit der Herſtellung, ſowie durch leichte Handhabung ſich auszeichnenden Aſpirator hat Liebig*) angegeben. a iſt das untere mit

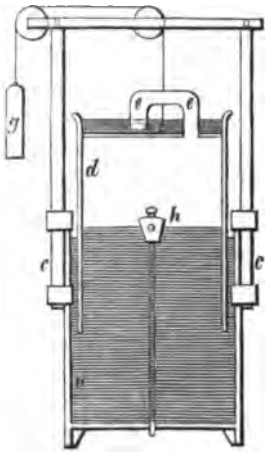
I.



II.



*) Pogg. Ann. Bd. LIX. S. 136.

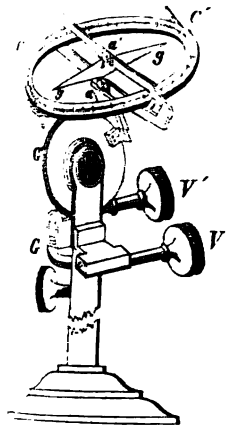


Waſſer gefüllte Gefäß, welches in Fig. II. S. 3
um eine halbe Drehung verſchieden gegen nebenſtehe
Fig. allein dargeſtellt iſt. In ihm iſt die Röhre, du
welche das Gas eingeſaugt wird, angebracht. D
ſelbe hat außerdem einen Hahn, der übrigens nur
Reguliren der Stärke der Aſpiration dient und
principmäßig auch wegbleiben könnte, wenn man
Ziehgewicht g veränderlich machen wollte. Be
Fig. II. S. 367 iſt eine durch einen Kork verſchließ
Oeffnung angebracht, damit man die Röhre l
leer machen kann, wenn ſie einmal durch die in
Oeffnung ſich mit Waſſer gefüllt haben ſollte. Ne
lich ſind noch die Bügel bei c angebracht, in d
die Holzleiſten ſtehen, welche die Rollen tragen.
eigentliche Gasbehälter d, unten offen, oben
einem Waſſerventile e verſehen, wird durch das
Gewicht g immer aufwärts gezogen, wodurch in
nem Innern eine Druckverminderung entſteht,
möge deren die Aſpiration ſtattfindet. Die gebogene Röhre e e iſt zwei Zoll
um ſchnell die im Behälter enthaltene Luft entleeren zu können, wenn das Ge
g gehoben wird und nun der Behälter durch ſein eigenes Gewicht herab
Das oben auf dem Behälter befindliche Waſſer ſchließt das Waſſerventil, ſo daß
Anſaugen hier keine Luft hinein kann. Die in Fig. II. S. 367 befeſtigte
Flaſche läßt Luft mit ſchwachem Druck hinein, aber keine hinaus. An die
nung i wird der Apparat angebunden, durch welchen hindurch geſaugt werden
Hebt man das Gewicht g auf, ſo ſinkt der Gasbehälter durch ſein eigenes Gewich
entleert ſeine Luft durch e, während nichts in den eigentlichen Apparat hinein
da an dieſer Seite das Waſſerventil der Flaſche f geſchloſſen iſt. Läßt man
Gewicht g wieder wirken, ſo ſteigt der Gasbehälter in die Höhe und ſaug
ihm gleiches Volumen an. In der Flaſche Fig. II. S. 367 ſieht man a
Stärke der durchgehenden Blaſen die Stärke des Stroms, den man durch den
h regulirt. Der Apparat hat ſich in der Anwendung ſehr gut bewährt.

Aſtatiſche Nadel, (v. d. griech. *α* priv. und *ἱστημι* ſtellen) nannte
Ampère eine Magnetnadel, der er eine ſolche Einrichtung gab, daß ſie dem
tenden Einfluſſe des Erdmagnetismus entzogen war, damit man an ihr die
tende Kraft elektriſcher Ströme beobachten konnte. Der von Ampère *)
gebene Apparat gründet ſich auf den Satz, daß ein um eine Axe beweglicher K
nicht von einer Kraft in Bewegung geſetzt werden kann, welche in einer de
parallelen Richtung auf ihn wirkt. Die Magnetnadel g g iſt um die Ax
beweglich. Die Erde wirkt in einem zweifachen Sinne auf die Magnet
nämlich erſtens indem ſie dieſelbe in eine beſtimmte Richtung gegen den geog
ſchen Meridian, und zweitens indem ſie dieſelbe in eine beſtimmte Richtung
den Horizont des Ortes ſtellt. Beide Wirkungen vereinigen ſich aber ſo, d

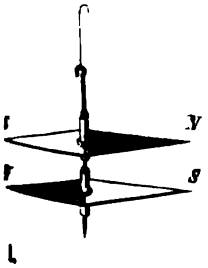
*) In ſeiner 1820 der Pariſer Akademie vorgelegten Abhandlung über die gegenſ
Wirkungen zweier elektriſcher Ströme, eines elektriſchen Stromes und eines Magnet
S. Gilb. Ann. Bd. LXVII. S. 140.

I.

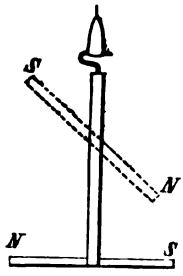


zuſammen als eine (mittlere — reſultirende) in beſtimmter Richtung gegen die Magnetnadel wirkende Kraft vorgeſtellt werden. Bringt man die Axe a a' in eine dieſer Kraft parallele Richtung, ſo wird die um a a' bewegliche Nadel dadurch außerhalb des Einfluſſes der magnetiſchen Kraft der Erde geſetzt ſein. Zu Hervorbringung dieſer Richtung dienen zwei rechtwinklige Bewegungen; die eine wird hervorgebracht durch die Schraube ohne Ende V und das Rad G, in deſſen Zähne die Schraube greift, die andere durch die Schraube V' und das Rad G'. Der in Grade eingetheilte Kreis C C' dient dazu, die Stellungen der Magnetnadel zu beobachten. — Man kann eine aſtatiſche Nadel auch noch durch eine andere Art, den Einfluß des Erdmagnetismus aufzuheben, herſtellen. Man läßt nämlich eine andere magnetiſche Kraft auf die Magnetnadel wirken, welche der der Erde gleich iſt, aber im entgegengeſetzten Sinne auf die Nadel wirkt. Hiezu muß man ſich eines Magnetſtabes bedienen, der eine hinlänglich große Kraft beſitzt, um aus einer im Verhältniß gegen die Dimenſionen der Nadel ſehr großen Entfernung auf dieſelbe ebenſo ſtark wie der Erdmagnetismus zu wirken. Man bringt den Magnetſtab in die Ebene des magnetiſchen Meridianes, ſtellt ihn in derjenigen Richtung, in welche ſich die Nadel im Zuſtande des Gleichgewichtes ſtellen würde, und kehrt gegen die Nadel ſeinen abſtoßenden Pol, nämlich den Nordpol, wenn er ſich auf der nördlichen Seite der Nadel befindet, den Südpol, wenn auf der ſüdlichen Seite. Bei einer zu geringen Entfernung iſt der Magnet mächtiger als die Erde, er bewirkt daher, daß ſich die Nadel umdreht, und erhält ſie in dieſer umgekehrten Stellung; bei einer zu großen Entfernung iſt die Erde mächtiger als der Magnetſtab und die Nadel beharrt in ihrer natürlichen Stellung; bei einer beſtimmten mittleren Entfernung endlich findet Compenſation (Ausgleichung des Einfluſſes der Erde) ſtatt, und die Nadel nimmt jede ihr beliebig ertheilte Stellung an, ohne in ihre natürliche Stellung durch Oscillationen zurückzugehen. Die völlige Compenſation wird aber nur dann hervorgebracht werden können, wenn der Magnetſtab mit gleicher Mächtigkeit gegen beide Pole der Nadel wirkt, weil auch die Erde gegen beide Pole gleichen Einfluß ausübt, daher muß der Magnetſtab in eine im Verhältniß gegen die Dimenſionen der Nadel ſehr große Entfernung geſtellt werden müſſen. Endlich giebt es noch ein einfacheres und directeres Mittel zur Herſtellung eines aſtatiſchen Apparates. Man befeſtige zwei Magnetnadeln an eine und dieſelbe Axe, ſo daß der Nordpol der einen unter den Südpol der andern zu liegen kommt. Die Figur ſtellt ein ſolches aſtatiſches Syſtem zweier Nadeln dar, deren gemeinſchaftliche Axe die Drehungsaxe iſt. Die beiden Nadeln müſſen in Bezug auf Form und Vertheilung des Magnetismus durchaus identiſch ſein, ſie müſſen genau Ende gegen Ende geſtellt ſein und die Drehungsaxe muß ſenkrecht auf

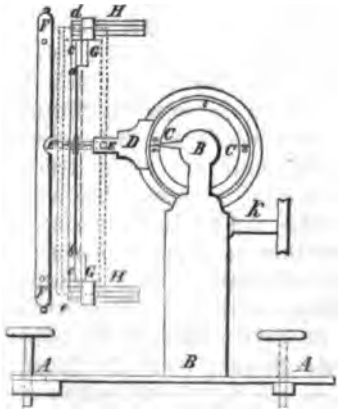
II.



ihrer Länge ſtehen. Die Compenſation iſt ſchon ziemlich genau, wenn die Nadel auch noch merklich verſchieden ſind, um jedoch jene ſo vollſtändig als möglich und die richtende Kraft nach Belieben größer oder geringer machen zu können, wenn man ſie dem Syſtem beider Nadeln zum Theil erhalten will, pflegt Pouillet den Apparat ſo einzurichten wie nebenſtehende Fig. zeigt. Die eine der Nadeln iſt horizontal, die andere geneigt. Wie ſich dieſe Neigung ändert, nimmt die richtende Kraft der Magnetnadeln (genauer: ihre Fähigkeit von der Erde gerichtet zu werden) ab oder zu, und eine geringe Neigung wird hinreichen, die Ungleichheiten in beiden Nadeln unſchädlich zu machen und einen vollſtändig aſtatiſchen Apparat herzuſtellen. Man kann auch zwei gleich ſtarke Magnetnadeln auf ein ſie verbindendes Stäbchen befeſtigen, daß ſie beide in der Richtung des Stäbchens befinden und zwei ihrer beiden einander gleichnamigen Pole einander zukehren. Man balancirt dann die Combination wie eine einfache Nadel.



Die aſtatiſche Nadel von G. G. Schmidt *) iſt im Durchſchnitte dargeſtellt. Sie iſt eine Abänderung des Apparates von Ampère und dient namentlich auch zur Darſtellung der Wirkung eines elektriſchen Stromes auf die Magnetnadel. Eine kreisförmige Scheibe A A von Meſſing, welche zum Fußgeſtelle dient, ruht auf drei meſſingenen Stellſchrauben, damit man ſie vermittelſt einer aufgeſetzten Libelle horizontal ſtellen könne. Aus der Mitte derſelben erhebt ſich als Träger, ein ſchmales Parallelepiped B B, das ſich oben in zwei Backen endigt, die ein Charnier bilden, um deſſen Mittelpunkt die an ihrem Rande gezahnte runde Scheibe C C durch die Schraube ohne Ende herumgetrieben werden kann. Die ebene Oberfläche der drehbaren Scheibe C C iſt wenigſtens zur Hälfte gehörig in Grade eingetheilt und ein an dem Charnier befeſtigter Zeiger giebt die Stellung der Scheibe an. Iſt dieſe auf 90°, wie die Figur annimmt, ſo befindet ſich die Axe E E der Magnetnadel a b in einer horizontalen Lage; dagegen der Zeiger auf 0, ſo ſteht die Axe der Magnetnadel vertical, und die Nadel ſelbſt bewegt ſich dann in einer horizontalen Ebene. Auf ähnliche Art kann man der Axe der Magnetnadel jede beliebige Stellung gegen den Horizont geben. Um ihr jede beliebige Stellung gegen den magnetiſchen Meridian zu geben, darf man nur das Fußgeſtelle des Inſtrumentes auf einem vorher horizontal geſtellten Kreisbrete oder Meßtiſche ſanft umdrehen. Dabei bemerke man Folgendes. In der verlängerten Ebene des Charniers C C befindet ſich ein hinlänglich ſtarker Träger D, und quer durch denſelben geht unter einem rechten Winkel ein meſſingener Rahmen E E. Von dieſem Rahmenſtücke zeigt die Figur eigentlich nur



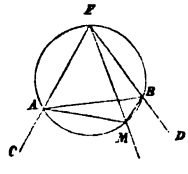
*) Gilb. Ann. Bd. LXX. S. 244.

Durchſchnitte bei E,E; zur beſſern Erläuterung aber hat man durch die fein punktirten Linien den Längendurchſchnitt des Rahmenſtückes angegeben, um anzudeuten, wie erſtens die feine ſtählerne Axe der Magnetnadel in der Mitte derſelben bei E,E ruht, und wie zweitens an dem Rande des Rahmens der eingetheilte Gradbogen, längs deſſen die Magnetnadel ſpielt, bei c,c befeſtigt iſt. Die Axe der Magnetnadel ſowohl, als auch der von 0 bis zu 180° laufende Durchmeſſer des eingetheilten Gradbogens befinden ſich genau in der verlängerten Ebene des drehbaren Kreiſes CC. Giebt man dieſem durch die Schraube K die Stellung, bei welcher die Axe der Magnetnadel eine verticale Richtung hat, und wendet das Inſtrument auf dem Reißbrete ſanft um, bis die Nadel auf 0 oder einen beliebigen Abweichungsgrad einſpielt, ſo kann man dann, bei unverändertem Stande des Inſtruments, durch Umdrehung der Schraube A die Axe der Magnetnadel entweder in den magnetiſchen Meridian, oder unter jeden Winkel gegen denſelben und gegen den Horizont ſtellen. Zur Verſicherung, ob während eines Verſuchs der Stand des Inſtruments ſich nicht verändert habe, iſt es gut, auf dem Reißbrete, worauf das Ganze ruht, einen in 360 Grade getheilten Kreis zu verzeichnen, oder wenigſtens zwei ſich unter einem rechten Winkel ſchneidende gerade Linien zu ziehen, wovon die eine die magnetiſche Abweichung, die andere eine auf ſie ſenkrechte Richtung angiebt. Legt man ein Lineal an einen auf der Fußplatte AA gezogenen Strich parallel mit der Ebene CC an, ſo muß die Schärfe des Lineals, wenn die horizontal ſpielende Magnetnadel auf 0 zeigt, mit der Linie im magnetiſchen Meridian, und wenn die Magnetnadel auf 90° weiſt, mit der auf dem magnetiſchen Meridian ſenkrechten Linie übereinſtimmen. An den Enden des von 0 nach 180° laufenden Durchmeſſers des eingetheilten Gradbogens cc ſind zwei meſſingene Säulen G, G angeſchraubt, in welchen ſich zwei Glasröhren H, H ſanft auf und nieder ſchieben laſſen; ſie dienen zur Befeſtigung des parallel über der Magnetnadel laufenden Leitungsdrahtes de oder eines dünnen 3 bis 4 Linien breiten Meſſingſtreifens FF. Dieſer Streifen iſt durchbrochen ſowohl in der Mitte, wo die Axe der Magnetnadel frei ſpielen ſoll, ohne ihn zu berühren, als auch an den beiden Enden, wo man die Grade des eingetheilten Bogens und den Stand der Magnetnadel beobachten will. Die Magnetnadel iſt aus einer Uhrfeder verfertigt, 2‴ breit und 5″ Pariſer Maß lang. Ihre Axe beſteht aus gehärtetem Stahl und endigt in ſehr feine Spitzen, welche in Pfännchen von Glockengut laufen. Die Güte des Werkzeuges hängt vorzüglich von der Empfindlichkeit der Magnetnadel, ihrer vollkommnen Aequilibrirung und der richtigen Stellung ihrer Axe ab. — Biaſſ*) hatte durch Schmidt eine ſolche aſtatiſche Magnetnadel erhalten, bei welcher ſich noch die Einrichtung befand, daß die Scheibe CC, durch deren Bewegung die Magnetnadel in jede beliebige Richtung gegen den Horizont gebracht werden kann, ſtatt an einem feſten parallelepipediſchen Träger, an einem hohlen Cylinder B befeſtigt war, der um eine feſtſtehende Axe gedreht werden konnte, ſo daß man der Magnetnadel zugleich jede Richtung in der Windroſe zu geben im Stande war. Deswegen war auch die Fußplatte AA an ihrem kreisförmigen Rande genau eingetheilt, und ein von dem hohlen Cylinder ausgehender Zeiger wies jedesmal den Stand genau an. — Wird die Scheibe CC ſo geſtellt, daß der Zeiger auf 0 ſteht, ſo befindet ſich der Kreis, an welchem die Nadel hin und her ſpielt, in

*) Fiſcher, Phyſ. Wörterb. Bd. IX. S. 890.

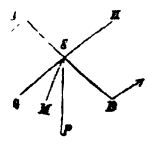
einer verticalen, die Drehungsaxe der Magnetnadel hingegen in einer horizontalen Lage, und in dieſer Stellung kann die Magnetnadel als Neigungsnadel dienen. Wenn nun die Nadel mit Hülfe des hohlen Cylinders B durch alle Grade der Fußplatte A A um ihre Axe gedreht wird, ſo ſieht man die Neigung der Nadel ſich beſtändig verändern. Hierbei giebt es zwei Lagen, in welchen die Magnetnadel die größte Abweichung von der lothrechten Richtung hat, nämlich diejenigen beiden (an jeder Seite des Kreiſes, durch welchen ſie gedreht werden kann, eine), wo die Axe der Magnetnadel ſenkrecht auf die Ebene des magnetiſchen Mittagskreiſes ſteht und mithin die Ebene, in welcher die Magnetnadel ſchwingt, mit dem magnetiſchen Mittagskreiſe zuſammenfällt. Wird nun der Cylinder und damit die Ebene des Kreiſes und die Magnetnadel aus dieſen Stellungen nach einer oder nach der andern Seite gedreht, ſo nimmt die Neigung in beiden Fällen bei gleicher Drehung um gleich viel ab, d. h. die Stellung der Magnetnadel nähert ſich nach und nach der lothrechten, und wenn die Ebene des Kreiſes genau in die Richtung vom magnetiſchen Mittagskreiſe nach Oſten gebracht worden, d. h. wenn die Ebene, in welcher nun die Magnetnadel ſchwingt, ſenkrecht auf die Ebene des magnetiſchen Mittagskreiſes iſt, ſo kommt die Magnetnadel mit ihrem Nordpol genau auf, d. h. ſie hat die lothrechte Richtung. Dies iſt zugleich das richtige Kennzeichen von der guten Beſchaffenheit der Magnetnadel. Um dieſes Inſtrument zu den damit anzuſtellenden Verſuchen gehörig vorzubereiten, bringe man zuerſt den Kreis mit der Magnetnadel in eine lothrechte Stellung, und beſtimme durch Umdrehung des Cylinders B um ſeine Axe die vier Punkte in dem Umkreiſe der Platte A, in deren zweien die Ebene, in welcher die Nadel ſchwingt, die Richtung des magnetiſchen Mittagskreiſes, in den beiden andern die Richtung des magnetiſchen Aequators beſitzt; hiernächſt gebe man dem Kreiſe durch die Schraube K die nöthige Neigung, ſo daß die vorher horizontale Axe nun diejenige Inclination habe, welche an dieſem Orte die Neigungsnadel haben würde, und bringe den Kreis durch gehörige Drehung nach einem jener zwei Punkte in die Ebene des magnetiſchen Aequators. In dieſem Falle hat die Axe der Magnetnadel die Richtung des magnetiſchen Mittagskreiſes, und die Nadel ſelbſt ſchwingt in einer auf die Neigungsaxe ſenkrechten Ebene. Alle einwirkende Kraft der Erde hat nun aufgehört, und die Magnetnadel bleibt in jeder Lage, welche man ihr giebt, völlig ruhig.

Ich theile noch die theoretiſche Betrachtung über aſtatiſche Magnetnadeln mit, welche Minding *) veröffentlicht hat. Es ſei A B eine ſtarke Linie, an deren Endpunkten zwei in einer Ebene befindliche nicht parallele Kräfte A C = P, B D = Q angebracht ſind. Man verlängere die Richtungen derſelben bis zu ihrem Durchſchnitte E, lege durch die Punkte A, B, E einen Kreis, ziehe aus E die Reſultante der beiden Kräfte, welche den Kreis in M zum zweiten Male trifft, ſo iſt Folgendes leicht einzuſehen. Wenden die Kräfte P und Q, in ihrer Ebene, um ihre Angriffspunkte A und B ſo gedreht, daß ihre gegenſeitige Neigung A E B ungeändert bleibt, ſo bleibt auch die Reſultante der Größe nach ungeändert und geht beſtändig durch den nämlichen Punkt M. Dieſer Punkt M heiße der Mittelpunkt der beiden Kräfte P und Q. Sind dieſelben einander parallel, aber nicht



*) Pogg. Ann. Bd. XXXX. S. 151.

gerade gleich und entgegengesetzt, so wird er der Schwerpunkt. Wird ferner der Punkt M als fest und mit A und B fest verbunden gedacht, so kann man das Dreieck AMB, in seiner Ebene, um M beliebig drehen, ohne das Gleichgewicht zu stören, vorausgesetzt daß die Kräfte P und Q, nach Richtung und Intensität ungeändert, an ihren Angriffspunkten A und B haften. Nun sei AB die durch den Schwerpunkt S gehende Längenaxe einer Magnetnadel, GH die Richtung des Magnetismus, in welche die Axe AB tritt, sobald die Nadel der Einwirkung der magnetischen Kraft frei überlassen wird. Man denke sich die Nadel in der durch GH gehenden Verticalebene von der Lage GH aus um einen beliebigen Winkel GSA = α gedreht, so wird die Einwirkung des Magnetismus auf dieselbe dargestellt durch zwei gleiche und entgegengesetzte, in den Endpunkten A und B angebrachte, der Richtung GH parallele Kräfte, welche zusammen ein Kräftepaar bilden. Bezeichnet man die Intensität jeder dieser Kräfte mit m und setzt AB = l, so ist m l sin a das Moment dieses Kräftepaares. Es wirkt aber zugleich auf die Nadel ihr eigenes Gewicht P, in dem Schwerpunkte S angebracht, und das vorliegende System von Kräften hat offenbar einen Mittelpunkt M. Wird demnach die Nadel an einer horizontalen, auf der Richtung GH senkrechten, durch M gehenden Axe befestigt, so bleibt sie im Gleichgewicht, wie sie auch um diese Axe gedreht werde, insofern nämlich die Richtung und Intensität des Magnetismus, wenigstens während einer gewissen Zeit, als unverändert betrachtet werden. Setzt man den Abstand SM = a, seine Neigung gegen die Axe AB, d. i. ∠ MSA = i, und ist SP die Verticale, so ist offenbar auch ∠ GSP = i; denn wenn die Axe AB in die Richtung des Magnetismus (GH) tritt, wie bei einer Inclinations-Nadel der Fall ist, so ist nothwendig SM vertical, folglich ist ∠ GSA = MSP = α und mithin das Moment des Gewichtes P der Nadel in Bezug auf M gleich aP sin α. Zum Gleichgewicht wird erfordert, daß dieses Moment dem Moment des magnetischen Paares gleich sei, also aP sin α = m l sin α oder aP = m l; mithin ist das Gleichgewicht in den Punkt M unabhängig von der Richtung der Nadel in der angegebenen Verticalebene, wie behauptet wurde. Wenn es möglich wäre, den Punkt M durch Versuche zu finden und seinen Abstand a vom Schwerpunkte zu messen, so ergäbe sich daraus sofort die absolute Intensität des auf die Nadel einwirkenden magnetischen Kräftepaares, in seinem Maximum (d. i. m l). Will man die Lage des Mittelpunktes für eine beliebige Ebene finden, welche gegen die Richtung des Magnetismus unter dem Winkel γ und gegen die Verticale unter dem Winkel ε geneigt ist, so darf man statt m und P nur ihre in dieser Ebene wirkenden Componenten m cos. γ und P cos. ε in Rechnung bringen, wodurch der Abstand a' des gesuchten Mittelpunktes vom Schwerpunkte vermittelst der Gleichung a' P cos ε = l cos. γ erhalten wird.



Asterismen, s. Sternbilder.

Astrognosie, s. Astronomie und Sternbilder.

Astrolabium, s. Winkelmesser.

Astrologie (v. d. griech. ἀστήρ, Stern, und λέγειν, sagen), Sternkunst ist die Kunst des Aberglaubens, aus den Sternen die Zukunft, namentlich die Schicksale der Menschen, vorherzusagen. Besonders suchte man aus der

Stellung der Geſtirne gegen einander, welche im Augenblicke der Geburt eines Men
ſchen ſtattfand, deſſen Lebensſchickſale zu beſtimmen. Die Aſtrologie hat ihren
Grund wohl in der Betrachtung, daß derſelbe in ſich einige und übereinſtimmend
Wille, welcher den Geſtirnen ihre Bahnen von Ewigkeit angewieſen, auch d
Schickſale der Menſchen vorausbeſtimmt habe, und daß die ganze Schöpfung u
um der Menſchen willen vorhanden ſei. Hieraus bildete ſich die Anſicht von ein
Uebereinſtimmung, einem Parallelismus des großen Weltganzen in ſeiner Orga
ſation (Makrokosmus) mit dem Menſchendaſein (dem Mikrokosmus), u
es in ſeiner Individualität durch jenes große Ganze beſtimmt und prädeſtinirt wi
in dem Augenblicke, wo es in jenes eintritt. Wenn der Menſch die göttliche We
heit in ihrer ganzen Fülle begreifen und ſich zu eigen machen könnte, ſo würde
auch die ewige Ordnung der Schöpfung und ſeine eigene Zukunft enthüllen könn
ſo lange er aber dies nicht kann (und er kann es nie, weil er dann Menſch zu
aufhören müßte), iſt alle Sterndeuterei eine Betrügerei oder Selbſttäuſchung.
Ihren Urſprung hat die Aſtrologie *) bei den Chaldäern genommen, daher
im Alterthume die Sterndeuter Chaldäer (auch Genethliaci, ſpäter Mat
matiker) genannt wurden. Dieſe waren vermuthlich die Erſten, welche ſich
Betrachtung des Himmels und ſeiner Geſtirne abgaben und bei denen auch
wahre Wiſſenſchaft der Aſtronomie ihren Urſprung nahm. Sie wollten von
erlangten Kenntniſſen eine höhere Anwendung machen, als dem Menſchen ſe
Natur nach vergönnt iſt. Zur Zeit des römiſchen Kaiſerreiches trieben die C
däer oder Mathematiker ſo großen Unfug, daß ſie der Kaiſer Tiberius
Rom vertrieb **). Indeß hat die Sterndeutekunſt noch bis ins ſiebenzehnte J
hundert Anhänger gefunden, namentlich bei ſolchen, die ſich für berufen hie
durch großartige Handlungen die Verhältniſſe der Menſchenwelt umzugeſtalten;
man denn von Wallenſtein erzählt, daß bei ihm die Aſtrologen in gr
Anſehen geſtanden hätten. Wir beſitzen noch ein aſtrologiſches Gedicht in gri
ſcher Sprache: Vom Einfluſſe der Geſtirne, welches dem Manethos ***), O
prieſter zu Heliopolis, zugeſchrieben wird. Vernünftige, leidenſchaftsloſe und
giöſe Menſchen haben von jeher keine Achtung vor einer Kunſt gehabt, d
offenbar über die Grenzen menſchlicher Geiſteskraft hinausgehen zu wollen
anmaßte. In jetziger Zeit iſt es eine der guten Früchte, welche die Aufkl
getragen, daß die Aſtrologie gänzlich in Nichtachtung geſunken iſt und Ster
ter und Betrüger für gleichbedeutend gehalten wird. Zwar hat J. W. Pfaff
in neuerer Zeit Bücher aſtrologiſchen Inhalts herausgegeben, ſie ſind aber gä
unbeachtet geblieben.

Aſtrometer, ſ. Photometer.

Aſtronomie (v. d. griech. ἀστήρ, Stern, und νόμος, Geſetz), St
kunde, Himmelskunde iſt die Wiſſenſchaft von den Weltkörpern überh
ſowie von den Geſetzen, nach welchen ſich die Weltkörper bewegen. Die Aſt
mie iſt diejenige Wiſſenſchaft, in welcher ſich der menſchliche Scharfſinn a

*) Ueber die ältere Geſchichte der Aſtrologie vergl. Bailly, histoire de l'Astr
ancienne. Paris 1775.

**) Suet. vita Tiberii c. 36.

***) Aſtrologie von Manethos. Ueberſetzt und erläutert durch Art. Wetzlar

****) Pfaff, Aſtrologie. Bamberg, 1816. — Ueber Planetenconjunction u
Stern der drei Weiſen. Bamberg, 1821.

glänzendſte Weiſe gezeigt hat. Denn es giebt zwar keine Erſcheinungen in der Natur, die nicht durch unabänderliche Geſetze erzeugt werden, aber bis jetzt hat man dieſe Geſetze noch in keiner Naturwiſſenſchaft ſo mit durchaus mathematiſcher Genauigkeit und Sicherheit erkannt, wie in der Aſtronomie *). Dieſelbe iſt aber auch wohl die älteſte der Naturwiſſenſchaften, denn als ihre Erfinder werden von den Griechen und Römern die Chaldäer genannt, welche durch die ſternenhellen Nächte und die phyſiſche Beſchaffenheit ihres Vaterlandes gleichſam aufgefordert wurden, die Sterne und die regelmäßig wiederkehrenden Wechſel des Mondes und der Jahreszeiten kennen zu lernen. Sie verwahrten ſpäter, als Prieſtergeſchlecht der Babylonier, die gewonnenen Naturkenntniſſe als heiliges Geheimniß und als Privatbeſitz ihres Stammes, legten aber auch zugleich den Grund zur Aſtrologie (ſ. d. Art.). Indeſſen ſollen ſchon früher die Chineſen, Indier und Aegypter aſtronomiſche Kenntniſſe beſeſſen haben. Nach Montucla's **) Berechnungen haben die Chineſen im Jahre 2460 v. Chr. Geb. eine Conjunction des Saturn, Jupiter, Mars, Mercur und Mondes, ſowie im Jahre 2155 v. Chr. Geb. eine Sonnenfinſterniß beobachtet. Die aſtronomiſchen Tafeln der Indier, die ſich auf die Beobachtung einer, angeblich im Jahre 3102 v. Chr. Geb. ſtattgefundenen, allgemeinen Zuſammenkunft aller damals bekannten Planeten gründen, zeigen, wenn gleich unſer jetziger Calcul dieſes Ereigniß vom Jahre 3102 v. Chr. Geb. nicht beſtätigt, doch wenigſtens, daß die indiſche Prieſtercaſte verpflichtet war, die Geſtirne zu beobachten. Die aſtronomiſchen Kenntniſſe der Aegypter erhalten hinſichtlich ihres Alters durch die richtige Zeitmeſſung dieſes Volkes ziemlich volle Beſtätigung. — Aber erſt die Griechen legten den Grund zu einer wiſſenſchaftlichen Bearbeitung der Sternkunde; Thales (geb. 632 v. Chr. Geb.) verſtand Sonnen- und Mondfinſterniſſe vorher zu beſtimmen; Pythagoras ſoll die Bewegung der Erde gelehrt haben; Ketas (433 v. Chr.) und Kalippus (331 v. Chr.) verbeſſerten die Chronologie. Neuen Aufſchwung nahm die Sternkunde unter der Herrſchaft der Ptolemäer in Aegypten. Ariſtarch (281 v. Chr.) lehrte, daß die Erde ſich um die Sonne bewege, und Eratoſthenes, ſein Schüler, verſuchte die Größe der Erde zu beſtimmen. Noch verdienter machte ſich Hipparch (160 bis

*) Es iſt jedoch nicht zu überſehen, daß, was die Aſtronomie vor anderen Naturwiſſenſchaften an Schärfe und Strenge der Ableitung ihrer Reſultate voraus hat, nur die conſequente Entwickelung einiger wenigen Grundſätze oder Naturgeſetze iſt, daß aber auch Alles, was ſich nicht aus dieſen Geſetzen ableiten läßt, noch ein völlig unbekanntes, kaum überhaupt als beachtetes Gebiet in der Wiſſenſchaft von den Weltkörpern iſt. Nur die Mechanik des Weltgebäudes iſt von der Aſtronomie bisher beachtet worden, die dynamiſchen Verhältniſſe in welchen hat ſie ganz unbeachtet gelaſſen; oder mit andern Worten, wir kennen die Geſetze, nach denen ſich die Körper bewegen, und können hieraus Schlüſſe machen auf die Größe, Geſtalt, Umdrehung der unſerer Beobachtung zugänglichen Weltkörper; aber wir wiſſen ſo viel wie nichts von den Kräften, welche die Bewegungen hervorbringen, die Abſtände bedingen, von der phyſiſchen Beſchaffenheit der Weltkörper, von ihrem Einfluſſe auf einander (mit Ausnahme der Einflüſſe, die ſie auf ihre Bewegung gegenſeitig ausüben). Wenn auch dieſe Gegenſtände von den Aſtronomen den Phyſikern überlaſſen worden ſind, ſo gehören ſie doch ganz eigentlich ins Gebiet der Aſtronomie, und man kann von dieſer ſagen, daß ſie ebenſo unwichtig, wie großartig ſei, während die Phyſik im engeren Sinne einen ſo überſchwänglichen Reichthum des Wiſſens beſitzt, daß es ihr unendlich ſchwerer fällt, denſelben wiſſenſchaftlich zu beherrſchen. D. R.

**) Montucla, Histoire des mathématiques. T. I. p. 455.

125 v. Chr.) durch ſein Fixſternverzeichniß, das erſte dieſer Art. Syſtematiſch geordnet wurde die Wiſſenſchaft zuerſt durch Ptolemäus, den letzten griechiſchen Aſtronomen von Bedeutung, deſſen Werk *Μεγάλη Σύνταξις* (Weltordnung), nachher Almageſt genannt, Jahrhunderte hindurch das Hauptlehrbuch der Sternkunde, beſonders bei den Arabern, geweſen iſt *). Die Gelehrten des letztgenannten Volkes und ſelbſt einige ſeiner wiſſenſchaftlich gebildeten Kalifen (Al-Manſor 753 bis 775, Al-Raſchid 786 bis 808, Al-Mamun 813 bis 833) haben den Sinn für Aſtronomie, während dieſe in der chriſtlichen Welt in Vergeſſenheit gerathen war, ſehr gefördert; eine Menge arabiſcher Namen in der Aſtrognoſie, wie man ſie noch jetzt kennt und gebraucht, zeugt davon. — König Alphons X. von Caſtilien war der erſte chriſtliche Herrſcher, der die Sternkunde thätig beförderte, denn auf ſeinen Befehl und auf ſeine Koſten erſchienen im Jahre 1252 die Alphonſiniſchen Tafeln. Die erſten deutſchen berühmten Aſtronomen waren Purbach (1421 bis 1461) und Müller (1436 bis 1476), gewöhnlicher Regiomontanus (nach ſeiner Vaterſtadt Königsberg in Franken genannt. Dann kam der Vater der neuern Aſtronomie, Nicolaus Copernicus (geb. 1473, geſt. 1543), welcher nicht bloß, wie die Alten, die Bewegung der Erde behauptete, ſondern auch durch klare Gründe bewies. Zwar ſtellte ihm Tycho Brahe (geb. 1546, geſt. 1601) ein anderes, jedoch falſches Planetenſyſtem entgegen; indeſſen beſteht ſein wahrer Ruhm in ſeinen, mit einer bis dahin nicht gekannten Genauigkeit angeſtellten, zahlreichen Beobachtungen. Der durch die römiſche Kirche zur Abſchwörung des Copernicaniſchen Weltſyſtems gezwungene, große Phyſiker Galilei (geſt. 1642) führte zuerſt den Gebrauch des, um das Jahr 1608 in Holland erfundenen, Fernrohrs in die Aſtronomie ein und entdeckte die für die Aſtronomie ſo wichtig gewordenen Geſetze des Falles. Gleichzeitig mit ihm lebte Johann Kepler (geb. 1571, geſt. 1630), welcher, Tycho's Beobachtungen zur Anſtellung theoretiſcher Unterſuchungen benutzend, zur Entdeckung jener drei nach ihm benannten Geſetze des Planetenlaufs gelangte, durch die er ſich unſterblich gemacht **) und zugleich Iſaak Newton (geb. 1642, geſt. 1727), deſſen Zeitgenoſſe der bekannte Danziger Aſtronom Johann Hevelke (Verfaſſer der Machina coelestis) war, vorgearbeitet hat. Newton, gleich groß als Mathematiker, Phyſiker und Aſtronom, begründete durch ſeine ausgezeichneten, dem unſterblichen Werke Philosophiae naturalis principia mathematica niedergelegten Entdeckungen eine ganz neue Epoche in der Optik, Mechanik und Aſtronomie; denn er iſt es, der das Geſetz der allgemeinen Schwere gefunden hat. — d'Alembert, Clairaut und Euler bildeten dann dieſe Newton'ſche Lehre weiter aus; Condamine ſtellte in Peru und Maupertuis in Lappland eine Gradmeſſung an. John Dollond (geſt. 1762) erfand

*) S. über daſſelbe Lalande, Astronomie. (2. Ausg.) Bd. I. S. 156. Die einzige griechiſche Ausgabe: Baſel, 1538. — Cl. Ptolemäus Beobachtung und Beſchreibung der Geſtirne und der Bewegung der himmliſchen Sphäre; mit Erläuterungen, Vergleichung der neueren Beobachtungen und einem ſtereographiſchen Entwurfe der beiden Halbkugeln des geſtirnten Himmels für die Zeiten des Ptolemäus. Berlin 1795.

**) Astronomia nova *αἰτιολογητός* seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observationibus Tychonis Brahe; jussu et sumptibus Rudolphi Romanorum imperatoris etc., plurium annorum pertinaci studio elaborata. Prag a S. C. M. Mathematico Joanne Keplero. 1609. Fol.

von Newton für unmöglich gehaltene achromatiſche Fernrohr, während der trefflichſte Beobachter des 18. Jahrhunderts, James Bradley, die Aberration und Nutation entdeckte, Tob. Mayer (geb. 1723) aber die erſten guten Mondtafeln entwarf. — Endlich haben Laplace (geſt. 1827) durch ſeine Mécanique céleste, Olbers (geſt. 1840), Lagrange (geſt. 1813), Gauß durch ſeine Theoria motus corporum coelestium etc., Beſſel (geb. 1784), ſowie ſpäter auch Hanſen, Savary, Encke u. A., in der zweiten Hälfte des vorigen und im jetzigen Jahrhundert (zu deſſen Anfang durch Delambre und Méchain die große franzöſiſche Gradmeſſung Behufs der Einführung eines neuen Maß- und Gewichtsſyſtems ausgeführt worden), das auf Newton's Geſetz der allgemeinen Schwere gegründete Gebäude der Wiſſenſchaft durch ihre ſcharfſinnigen Arbeiten in bewundernswürdiger Höhe und Ausdehnung mit vorher niemals erreichter Sicherheit weiter ausgeführt und vollendet, indeſſen Bürg, Burkhardt (geſt. 1828) und Damoiſeau die genaueſten Mondtafeln, Carlini und Beſſel die zuverläſſigſten Sonnentafeln, Bouvard und v. Lindenau die beſten Planetentafeln geliefert hatten. Gleichen Schritt mit der Theorie hielt die Beobachtungskunſt. Lalande (geſt. 1807), Bode, Piazzi (geſt. 1826), Harding (geſt. 1834), Beſſel und Rümker entwarfen neue Fixſtern-Verzeichniſſe; Piazzi, Harding und Olbers entdeckten 1801, 1802, 1804 und 1807 vier neue Planeten, ſowie Méchain, Pons, Bremiker, Galle, de Vico, Colla, Herſen u. A. viele Kometen. Herſchel, der den Uranus und ſeine Monde ſchon früher entdeckt hatte, ferner ſein Sohn John Herſchel, Struve und Äller fanden Tauſende von Doppelſternen; Schröter (geſt. 1816), Lohrmann (geſt. 1840) und Mädler lehrten uns die Oberfläche des Mondes durch ihre ſchönen Charten genauer kennen, Herſchel und Schröter aber warfen mit ihren mächtigen Spiegelteleſkopen die erſten tiefern Blicke in das Univerſum. Beſſel bearbeitete ſeine Zonen; es entſtanden allmälig die Berliner akademiſchen Sternchärten, und in der neueſten Zeit wurden die Planeten Aſträa, Neptun (mit ſeinen Monden), Hebe, Iris, Flora, Metis und ein achter Saturnsmond durch Encke, Leverrier (Adams), Hind, Graham, Laſſel und Bond entdeckt. Auch die Kunſt, aſtronomiſche Inſtrumente und Fernröhre zu verfertigen, erhob ſich mit dem Jahre 1812 durch Reichenbach, Fraunhofer, Baumann, Plößl, Piſtor und Martius, Repſold und Söhne u. A. m. zu einer ſeltenen, bewundernswürdigen Genauigkeit, Vorzüglichkeit und Größe; Jürgenſen, Keſſels und Dent vervollkommneten die Chronometer außerordentlich. Auch entſtanden auch neue und ſehr zweckmäßig eingerichtete Sternwarten zu Altona, Seeberg bei Gotha, Ofen, Berlin, Königsberg, Wien, Dorpat, Göttingen, Helſingfors, Mitkowa, Hamburg, Bonn, Cambridge (Nordamer.) ꝛc., auf denen Beſſel, Struve, Encke, Rümker, v. Littrow, Schumacher, Mädler, Nicolai, de Vico, Argelander, Bond u. A. m. viel geleiſtet haben. Endlich wirkten für das populäre Studium der Sternkunde vorzüglich Bode, Fries, v. Littrow und Brandes. — Die Aſtronomie zerfällt in drei Haupttheile: 1) ſphäriſche Aſtronomie, welche die verſchiedenen Kreiſe und Punkte der Himmelskugel, die Sternbilder (Aſtrognoſie), die Lage oder Stellung der Geſtirne gegen jene Kreiſe und Punkte, ſowie die an der Himmelskugel ſtattfindenden Erſcheinungen kennen lehrt; 2) theoriſche Aſtronomie, welche aus den Beobachtungen die wahren Bahnen der Geſtirne, beſonders der Planeten, zu beſtimmen

wendig geworden dadurch, daß wie rechts und links ſich verhaltende Beziehungen, welche beſtändig in der animaliſchen Natur hervortreten und auch bei Vegetabilien (beſonders bei den rechtsum oder linksum ſich windenden Schlingpflanzen) längſt die Aufmerkſamkeit erregten, auf eine höchſt bedeutſame Weiſe in der anorganiſchen Natur ſich offenbarten. Da wir unter rechtsum eine dem ſcheinbaren Sonnenlauf entſprechende Drehung verſtehen von Oſt über Süd nach Weſt, unter linksum die entgegengeſetzte, alſo die der wahren Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne herum entſprechende, ſo könnten wir allerdings in dieſem Sinne ſagen, daß der Mond um die Erde und auch alle Planeten um die Sonne ſich linksum, und nur diejenigen Kometen, welche im Thierkreiſe gegen die Ordnung der Zeichen laufen, ſich rechtsum bewegen. Zur Verſtändigung darüber aber fanden die Aſtronomen von jeher es zweckmäßig, ſich einer Zeichenſprache zu bedienen, und fortwährend zeichnen ſie eine Reihe uralter Bilder im ſogenannten Thierkreiſe. Und in der That, wenn wir von einer Bewegung ſprechen nach der Ordnung oder gegen die Ordnung der Zeichen im Thierkreiſe, ſo gewährt dieſe Bilderſprache ſtets eine ſcharfe Bezeichnung, welche in mehreren Fällen durchaus nicht zu erreichen wäre durch den Wortausdruck rechtsum oder linksum. — Einſam aber ſtanden dieſe entgegengeſetzten Drehungen am Himmel. Lediglich einige kryſtalliniſche Erſcheinungen erinnerten auf Erden an ähnliche, nur dem Organiſchen eigenthümlich ſcheinende Beziehungen. Die zur Ableitung gewiſſer ſecundärer kryſtalliniſcher Gebilde aus primitiven angenommene Hemitropie reichte nämlich bei den Feldſpathkryſtallen nicht aus, und es war nöthig, dabei wie rechts und links ſich verhaltende Beziehungen anzuerkennen. Weiß lenkte darauf zuerſt im Jahr 1814 die Aufmerkſamkeit hin (im Journal der Chem. u. Phyſik. Bd. S. 223—235) in einer Abhandlung über die gewöhnlichſte Zwillingskryſtalliſation des Feldſpaths, welche er mit den Worten beginnt: „In der Kryſtalliſationslehre hat man bisher den Unterſchied zwi-

kuren keine alten Dioskurenbilder, ſondern die Bilder des Apollo und Hercules ſind ſtatt d ſelben als Zwillinge verbunden, wodurch bildlich angedeutet wird, was Manilius durch die B nennung Phoebi sidus bezeichnet. Dem Hercules mit der Keule wurde der Name Pollux, d Apollo mit der Leier und dem Pfeile der Name Kaſtor beigeſchrieben. Wenn aber dieſes G ſtirn der Dioskuren im alten Astronomicum des Manilius als Phoebi sidus bezeichnet wird, ie hierdurch offenbar die Zeit angedeutet, wo die Frühlingsnachtgleiche im Sternb der Dioskuren war. Wir kommen alſo in eine vorhiſtoriſche Periode zurück vor 6000 Jahr Und zu einer vorhiſtoriſchen Periode führen uns auch die Ueberreſte alter indiſchen Aſtrono und führt uns, auf die unzweideutigſte Weiſe, die in der großen Pyramide zu Memphis dergelegte Gradmeſſung zurück (ſ. Jomard's ebenſo ſtreng mathematiſche als gelehrt hi legiſche Abhandlung über die Maße der Alten, welche den ganzen 7. Band der deser p de l'Egypte einnimmt, oder auch nur den Auszug daraus in meiner Einleitung in Mythol. auf dem Standpunkte der Naturwiſſenſchaft S. 362, und in der handlung über das Elektron der Alten S. 28. Note 23). — Wie aber neue Gr meſſungen dazu gehörten, um jene vorhiſtoriſche wieder zu erkennen und aufzufinden, gleich in einer ſymboliſchen Hieroglyphenſprache, die zuerſt von Jomard wieder verſtanden wu ſo muß eine ſtreng wiſſenſchaftliche, in jeder Beziehung vom Alterthum unabhängige Bu ſprache der Aufklärung einer vorhiſtoriſchen alterthümlich überlieferten Bilderſprache nothw dig vorangehen. — Und auch darauf ſoll der Columnentitel der folgenden Blätter hinde Wir werden, wie ſchon oben bemerkt, unter dem Artikel Sonne noch Einiges hierüber a gen haben, was uns wieder zurückführt zu der ſo eben erwähnten Zeichnung der Dios im Thierkreiſe, da Hercules auf eine bezeichnende Weiſe noch an einer andern Stelle Himmels und zwar in größerer Geſtalt vorkommt.

gar nicht beachtet, der zwischen den Körpern stattfindet, welche die Geometrie umgekehrt gleich und ähnlich nennt, und welche sich verhalten wie rechts und links, rechter und linker Arm, rechts und links gewundene Schnecken ꝛc.“ Und als wenige Jahre darauf derselbe ausgezeichnete Krystallograph von den Anomalien hörte, welche Biot bei circularer Lichtpolarisation beobachtete, indem zwei perpendicular auf die Axe geschnittene Bergkrystalle von ganz gleicher Dicke einen Gegensatz in der circularen Farbenerscheinung zeigten, welcher wie rechtsum und linksum sich verhielt, so äußerte er sogleich, daß die eine Scheibe aus einem Krystall mit rechtsum, die andere aus einem mit linksum laufenden kleinen secundären Flächen geschnitten gewesen sei. Und Herschel's spätere Untersuchungen haben dies wirklich dargethan. —

Aber erst im Jahr 1820 durch Oersted's glänzende Entdeckung des Elektromagnetismus trat das rechts und links ebenso durchgreifend und bedeutsam auf in der anorganischen wie in der organischen Natur. Und es gereicht zur Ehre Oersted's, daß er die Erscheinung sogleich von dieser Seite aufgefaßt, während ein anderer ausgezeichneter und namentlich um die Elektricitätslehre höchst verdienter Physiker von diagonaloidem Transversalmagnetismus sprach. Aber die Worte rechtsum und linksum haben keinen Sinn, wenn man nicht den Gedanken an Kopf und Fuß damit verbindet. So dreht z. B. eine Schraube (woran Faraday öfters zur Verständigung erinnert) sich allerdings rechtsum, wenn dieselbe von oben eingeschraubt wird, d. h. der Schraubenkopf oben ist, aber linksum, wenn er unten ist, oder wenn von unten die Schraube eingeschraubt wird. Und man kann daher weder sagen, daß die Schraube rechtsum, noch daß sie linksum gedreht werde, wenn man sie horizontal einschraubt. Dasselbe läßt sich bei jeder um die Axe schwingenden Kugel nachweisen. Derselbe Schwung der Kugel, z. B. von Ost über Süd nach West (rechtsum), stellt von West über Süd nach Ost (linksum) sich dar, sobald man während des Schwunges den obern Theil der Axe nach unten dreht; und die Worte rechtsum und linksum haben also keine Bedeutung mehr, wenn die Axe horizontal gehalten wird. — Man sieht, wie wenig zufällig im gemeinen Leben der Ausdruck Schraubenkopf sich der Schraubendrehung anschloß, und daß wir überhaupt, wenn von rechtsum und linksum gesprochen wird, unwillkürlich im dunklen Bewußtsein stets mit Kopf und Fuß versehene Figuren nebenbei im Sinne haben. Soll also von klarem Bewußtsein oder von scharfen Bezeichnungen die Rede sein, so müssen wir uns sagen, daß die Wortsprache hier nicht ausreiche, sondern wir schlechterdings einer Figuren- oder Bilder-Sprache bedürfen. — Nicht also eine bloße Aushülfe für einen einzigen Fall war es, wenn Ampère sogleich, um über die erste Oersted'sche Beobachtung, über die vom elektrischen Strom herbeigeführte Ablenkung der Magnetnadel eine Verständigung herbeizuführen, die Zeichnung einer Figur empfahl. Allerdings eine einzige Figur, deren Ampère sich bediente, kann nicht ausreichen in diesem elektromagnetischen Kreise, sondern es sind vielmehr im Sinne der ihrer Natur nach paarweise auftretenden, entgegengesetzt wirkenden magnetischen Pole Paare von Figuren zu zeichnen. Wie aber es in der Algebra allgemeine Formeln und Specialformeln giebt, so bedürfen wir auch bei dieser Bildersprache einer Zeichnung, welche im Kreise des Elektromagnetismus einer allgemeinen, alle Phänomene umfassenden Formel entspricht, und dann wieder specieller Zeichnungen für einzelne

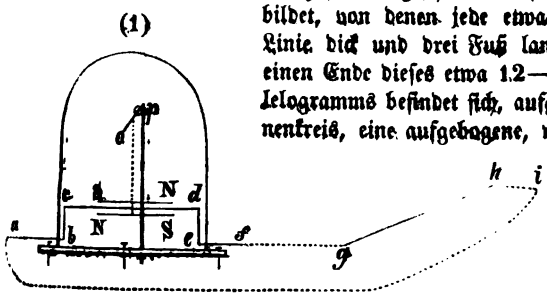
beſonders bedeutſame und einflußreiche Phänomene, um die Erſcheinung auch da ſogleich wieder zu erkennen, wo ſie nicht ſo leicht ins Auge fällt. Unter dieſen Umſtänden leuchtet es ein, daß es nöthig ſei, gleichſam ein Compendium des Elektromagnetismus und Magnetoelektrismus (und zwar das kürzeſte und populärſte) zu ſchreiben, um unſere Bilderſprache darzulegen in ihrer praktiſchen Bedeutſamkeit. Es wird ſich zeigen, daß Kürze und Beſtimmtheit des Ausdrucks das Charakteriſtiſche ſei, wie der mathematiſchen, ebenſo der phyſikaliſchen Zeichenſprache. Mit Hülfe derſelben werden wir ſcharf bezeichnen, was (wie alle Lehrbücher der Phyſik beweiſen) die Wortſprache nur unbeſtimmt auf eine höchſt ſchwerfällige, das größere Publicum abſchreckende Weiſe anzudeuten vermag. Namentlich ſoll das ſchönſte elektromagnetiſche (alle Arten elektromagnetiſcher Drehungen vereinigende) Phänomen, welches ermüdend lange und unklare Abhandlungen veranlaßte und eben darum in die Lehrbücher der Phyſik gar keinen Eingang finden konnte, dieſes wundervolle Phänomen zugleich dem geiſtigen und dem leiblichen Auge im klarſten Lichte dargeſtellt werden. Ob unſere Bilderſprache, gleich der im Thierkreiſe geltend gewordenen, eine alterthümliche ſei oder eine jetzt erſt erfundene, kann dem Phyſiker gleichgültig ſein. Darauf allein kommt es hier an, ſie ihrer wiſſenſchaftlichen, durch Naturnothwendigkeit herbeigeführten Bedeutung gemäß zu entwickeln.

I. Figurenzeichnung für das elektromagnetiſche oder magnetoelektriſche Grundphänomen.

Hier entſteht ſogleich die Frage nach dem Grundphänomen. Ampère ſuchte die magnetiſchen Erſcheinungen aus elektriſchen Strömen abzuleiten. Man kann aber umgekehrt auch den elektriſchen Strom als magnetiſchen, nämlich als magnetiſchen Umſchwung auffaſſen. Von einer Bilderſprache, die einzig und allein zur ſcharfen Bezeichnung des Phänomens dienen ſoll, fordern wir mit Recht, daß ſie frei ſei von jeder theoretiſchen Einſeitigkeit. Von der mathematiſchen Zeichenſprache kann man dies nicht verlangen. Denn dieſe muß ſich nothwendig der einen oder andern Theorie anſchließen. Unſere Bilderſprache aber ſoll nur das Phänomen auf eine unzweideutig ſcharfe Weiſe darſtellen, und muß daher ſelbſt entgegengeſetzten Theorien, ſobald ſie nicht in unmittelbaren Widerſpruch kommen mit der Erſcheinung, ſich anzuſchließen fähig ſein. Kein Menſch kann übrigens leugnen, daß, wenn vom elektriſchen Strome (von dem Ampère's Theorie ausgeht) geſprochen wird, dies gleichfalls ſchon eine Bilderſprache ſei; nur fehlt es dieſer Bilderſprache an Schärfe, indem das Bild eines Stromes zu unbeſtimmt iſt. Sobald wir aber, im Gegenſatze zu der Ampère'ſchen Theorie, die elektriſchen Erſcheinungen aus den magnetiſchen ableiten, ſo wird das Bild eines Stromes ſich etwas ſchärfer und beſtimmter, indem nun, einem magnetiſchen auf den geſchloſſenen Kreis ſich beziehenden Hauptgeſetze gemäß, von einem in ſich zurücklaufenden Strome die Rede ſein muß. Da aber mit dem Bild eines Stroms gar nichts gewonnen wird, und von allen (gemäß der Natur der bewegten Flüſſigkeit und ihrer Wellenbewegung) in Betrachtung kommenden Nebenbeziehungen hier nicht die Rede iſt, ſo wird es naturgemäßer ſcheinen, den Magnetismus lieber geradezu unter dem geometriſchen Bilde eines geſchloſſenen Kreiſes aufzufaſſen. Der geſchloſſenen Kreis wird eine in ſich zurücklaufende Spiralwindung ſich anſchließen. Wir werden alſo nun ſogleich fragen, ob auch dieſe Spiralwin-

lung bedeutsam werden könne für den Magnetismus, und in diesem Sinn auf folgende Weise experimentiren.

1) Man stelle sich ein längliches Parallelogramm vor, aus mit Stellschrauben zusammengeschraubten starken Kupferschienen gebildet, von denen jede etwa einen Zoll breit, eine Linie dick und drei Fuß lang sein mag. An dem einen Ende dieses etwa 12—15 Fuß langen Parallelogramms befindet sich, aufgenommen in den Schienenkreis, eine aufgebogene, wenigstens 1 Zoll breite und 1 Linie dicke Schiene abodef, die entweder in der Mitte (zur Einsenkung der einen von den im entgegengesetzten Sinne verbundenen zwei Magnetnadeln) oder an der einen Seite eingeschnitten ist zur Zwischenschiebung der astatischen Doppelnadel. Die entgegengesetzt gestellten Magnetnadeln sollen der Schiene cd so nahe als möglich liegen. An dem sie haltenden Draht oder Strohhalm ist ein Coconfaden befestigt, welcher aufgedreht werden kann an einem Faden op, der verschieblich und drehbar in einem auf einem Seitenstabe stehenden Loch ist. Bei dieser einfachen Einrichtung kann der astatischen Doppelnadel jede beliebige Stellung gegeben werden. Natürlich wird man sich die Enden ef und ab der aufgebogenen Schiene auf einem mit Stellschrauben versehenen Stativ befestigt denken, während eine darüber angebrachte Glasglocke die Störung der astatischen Magnetnadeln durch Luftzug hindert. An a und f werden Schienen angeschraubt, welche den Kreis schließen. Man denke sich gh, was eine noch breitere und dickere Schiene sein kann, so weit entfernt von den Magnetnadeln, daß in solcher Entfernung selbst ein 20 oder 30 oder 60 Pfund tragender Magnet sie nicht mehr stört. Wird aber dieser Magnet in perpendicularer Richtung gegen gh bewegt und (wenn ein Hufeisenmagnet angewandt ist) gh zwischen das Hufeisen rasch hineingeschoben, so kann man sich denken, daß ein im geschlossenen Kreise in sich zurücklaufender magnetischer Spiralumschwung entstehe, welcher in der Art wahrnehmbar werden könne, daß von der über cd momentan, z. B. von West nach Ost sich im Spiralumlaufe hinbewegenden südmagnetischen Kraft der Nordpol der obern Nadel, und ebenso von der unter cd sich gleichzeitig in derselben Richtung hinbewegenden nordmagnetischen Kraft der Südpol der untern Nadel angezogen würde. Da die anziehenden magnetischen Kräfte sich gegenseitig verstärken, dagegen die abstoßenden sich schwächen, so ist es klar, daß die Wirkung der anziehenden für die Bewegung der Nadel in unserm Fall entscheidend sein müsse. Wirklich erfolgt die Bewegung in dem angedeuteten Sinne, selbst wenn man bloß mit dem Pol eines starken Magnetstabes quer über gh in perpendicularer Richtung gegen die Linie gh hinfährt, und (was sich nun von selbst versteht) im entgegengesetzten Sinne, wenn man zurückzieht. Derselbe Gegensatz offenbart sich, je nachdem man mit demselben Pol an der obern oder untern Fläche der Schiene gh im gezeichneten (perpendicular gegen gh gerichteten) Sinne eine Bewegung macht. Hieraus muß also eine bedeutend größere Einwirkung stattfinden, wenn man sich



bei dieſen Verſuchen eines hufeiſenförmigen Magnets bedient, um zugleich auf die untere und obere Fläche, jedoch im entgegengeſetzten Sinne, einzuwirken. Es iſt auf dieſe Weiſe in Abhängigkeit von der Stärke der Magnete leicht ein Ausſchlag von 5—10° herbeizuführen. Legt man einen etwa 40—50 Pfd. tragenden Magnet in perpendiculärer Richtung zur Schiene g h ſo an dieſelbe, daß z. B. der Südpol an der obern, der Nordpol an der untern Fläche zu liegen kommt, und ſetzt nun den Anker auf, ſo wird dadurch eine momentane Bewegung des Südmagnetismus quer über die Schiene hin, des Nordmagnetismus quer unter der Schiene hin veranlaßt, welche eine entſprechende leicht (wenn man den Apparat vor Augen hat) vorherzuſagende Drehung der Doppelnadel bewirkt, z. B. linksum. Und die Drehung linksum muß ſich nothwendig in eine rechtsum verwandeln, wenn man den Anker abzieht.

Faſſen wir Alles zuſammen, was bisher dargelegt wurde, ſo ſehen wir, daß es ſich hier handle von einem durch die Pole des Magnets momentan wenigſtens zu erregenden magnetiſchen entgegengeſetzten ſpiralförmigen Umſchwung, der als Thatſache nachgewieſen iſt durch die dargelegten Verſuche. Dieſelbe Spiralwindung aber ſcheint z. B. rechtsum zu laufen, wenn man den obern Punkt, und linksum, wenn man den untern Punkt für den Anfangspunkt der Windung erklärt, von welchem man ausgehen will, während ohnehin, wie bei dem Kreiſe, ſo auch bei einer in ſich ſelbſt zurücklaufenden Spiralwindung jeder Punkt als Anfang oder Endpunkt betrachtet werden kann. Einleuchtend iſt es alſo, daß, um nur über den Sinn einer Spiralwindung ſich zu verſtändigen, man ſich eine mit Kopf und Fuß verſehene Figur in ſie hineingelegt denken muß. In unſerm Falle iſt noch dazu von zwei ſich in entgegengeſetzter Richtung bewegenden Spiralwindungen die Rede. Wir werden alſo zwei in einander verbundene ſich in entgegengeſetzter Richtung bewegende Figuren zeichnen müſſen, wie die nebenſtehende Figur 2 ſie zeigt. Denken wir uns dieſes Bild in die Schiene g h, deren Anfangspunkt h wirklich höher liegen mag als der Endpunkt g, ſo hineingelegt, daß die Köpfe oben bei h, die Füße unten bei g zu liegen kommen, der Blick aufwärts gegen den (quer über hinbewegten) Magnetpol gerichtet ſei. Die Richtung von h nach g und f hin ſei die von Süden nach Norden. Die Bewegung des Südpols von Weſt gegen Oſt über hin (wobei wir uns alſo die Blicke unſerer Figur gegen Norden hingewandt denken) wird eine Trennung in einen Umſchwung der beiden Magnetismen auf der Oberfläche der Schiene g h in tangentiell entgegengeſetzter Richtung veranlaſſen. Und bei der angezeigten Lage unſerer Figuren wird der Südmagnetismus im Sinne der rechtsum, der Nordmagnetismus im Sinne der linksum ſich drehenden Figur um die Schiene g h ſich bewegen. Demnach können wir wenigſtens bei dieſem Experimente (aber auch bei allen daran zu reihenden folgenden, inſofern es ſich hier bloß von Verſtändigung über die Richtung einer Spiralwindung handelt) die links ſich drehende Figur als Symbol des Nordmagnetismus, die rechts ſich drehende als Symbol des Südmagnetismus auffaſſen und in dieſem Sinne die erſtere mit N, die letztere mit S bezeichnen. Zugleich iſt damit geſagt, daß wir bei jeder von beiden

(2)

Figuren den Kopf als den Anfangspunkt der durch ihre Drehung zu beſtimmenden Spiralſchwingung betrachten. — Wir wollen nun in Gedanken in dieſer Richtung vom Kopfe zum Fuße der Figuren den magnetiſchen Spiralſchwung nach e d c hin bis zur Doppelnadel fortſetzen, dabei aber annehmen, daß der Nordpol der obern Nadel nach Süden, der Nordpol der untern Nadel nach Norden deute. — Auf der Oberfläche c d kann die perpendicular gegen c d erfolgende Trennung (gleichſam tangentielle Ausſtrahlung) der beiden Magnetismen dadurch bezeichnet werden, daß man das in die Mitte der Schiene hineingedachte Bild von g h zu d c ſo hingerückt ſich denkt, daß die Köpfe bei d und die Füße bei c liegen. Das Symbol des Nordmagnetismus (bei der angenommenen Bezeichnungsweiſe) kommt dann gegen Weſten, das Symbol des Südmagnetismus gegen Oſten zu liegen, d. h. es iſt (unter allen den bezeichneten Nebenumſtänden) eine Anziehung und Bewegung der Südſpitze der obern Nadel gegen Weſten, der Nordſpitze gegen Oſten in dieſer (alle angegebenen Nebenumſtände zugleich dem Auge darlegenden) Bilderſprache ausgeſprochen. Da aber vom peripheriſchen magnetiſchen Umſchwunge um die Schiene die Rede iſt, ſo müſſen wir das dieſen peripheriſchen Umſchwung darſtellende Bild in Gedanken auch nach unten drehen, daß es gegen die untere Magnetnadel gerichtet wird. Bei dieſer Umdrehung wird das Symbol der Südpolarität gegen Weſten, das der Nordpolarität gegen Oſten zu liegen kommen, wodurch angedeutet wird, daß die Südſpitze der untern Nadel nach Oſten, die Nordſpitze nach Weſten angezogen und bewegt wird. Offenbar wird alſo die Doppelnadel ſich linksum bewegen müſſen.

2) Einleuchtend iſt es, daß man die magnetiſche Einwirkung auf die Schiene verſtärken könne, wenn man an die Stelle der geraden Schiene g h eine ſchraubenförmig gewundene ſetzt. Denn der bei Einſchiebung eines Magnetpols in die erſte Schraubenwindung angeregte und im geſchloſſenen Kreiſe durch die ganze Schiene fortwirkende magnetiſche Spiralſchwung muß nothwendig verſtärkt und beſchleunigt werden, wenn unmittelbar darauf dieſelbe Einſchiebung des Magnetpols in die zweite Schraubenwindung erfolgt ꝛc. Von der Schnelligkeit der Bewegung des Magnetpols in die Spirale hinein wird alſo die Größe der Wirkung abhängen. Und da der bewegte Nordmagnetismus z. B. den neben ihm in gleicher Richtung bewegten Südmagnetismus mit ſich fortreißt und dadurch beſchleunigt in der Bewegung, ſo ergiebt ſich der Begriff eines Multiplicators der Kraft von ſelbſt. Zu dieſem Zwecke kann es dienlich ſein, die einzelnen Windungen ſo nahe als möglich zu bringen, wodurch wir auf mit Seide umſponnene Drähte geführt werden, während bei dem zuerſt angeführten einfachen Grundverſuche ſchon aus dem Begriff einer peripheriſch wirkenden Kraft die Wichtigkeit einer angemeſſenen Größe des Querdurchſchnittes folgt, wobei die Anwendung ſtarker Kupferſchienen ſich von ſelbſt empfiehlt. — Will man durch die Bilderſprache ſich die Wirkung

a) des Multiplicators deutlich machen, ſo darf man nur zwei neben einander geſtellte Bilder betrachten. So lange man ſie nicht umkehrt, ſo daß der Kopf des einen zu den Füßen des andern kommt, wird immer das Symbol des bewegten Südmagnetismus neben dem des bewegten Nordmagnetismus und umgekehrt zu liegen kommen, wodurch gegenſeitige Verſtärkung der Kraft und Beſchleunigung des Umſchwunges hervorgebracht wird. Dieſe Combination zweier Bilder lehrt zugleich

b) den Ampère'ſchen Satz, daß gleichlaufende Ströme ſich anziehen, entgegengeſetzt laufende ſich abſtoßen. Ebenſo iſt es leicht, durch dieſelbe Bilderſprache

c) den Begriff der ſogenannten Induction klar zu machen. Denn zur erſten Anregung eines magnetiſchen Spiralſchwunges kann nicht bloß ein bewegter Magnet, ſondern auch ein ſchon angeregter magnetiſcher Spiralſchwung dienen, der das Bild Fig. 2 darſtellt. Wird ein Magnetpol raſch hineinbewegt zwiſchen zwei einander gegenüber liegende Schienen, die wir uns z. B. als concentriſche Schienenkreiſe denken wollen, ſo wird derſelbe Pol nothwendig (wie ſogleich durch Anlegung unſeres Bildes zu erkennen) in beiden Kreiſen entgegengeſetzten Spiralſchwung (entgegengeſetzten elektriſchen Strom) anregen. Auf ähnliche Art wird ſelbſt ein mechaniſcher Stoß, der zwiſchen zwei einander gegenüberſtehenden Perſonen erfolgt und auf jede von beiden wirkt, die eine nöthigen ſich rechtsum, die andere ſich linksum zu drehen. Offenbar läßt ſich dies auf jede durch unſer Bild Fig. 2 dargeſtellte, in einer Schiene (welcher eine andere gegenüber ſteht) aufblitzende oder zurückblitzende elektromagnetiſche Tangente anwenden*). Der nordpolariſche Schwung linksum z. B. wird in der gegenüber liegenden Schiene, worin wir uns den Magnetismus in Ruhe denken, nothwendig einen nordpolariſchen Schwung rechtsum anregen; aber bloß momentan. Denn es handelt ſich hier lediglich vom momentanen Stoße der aufblitzenden oder zurückblitzenden elektromagnetiſchen Tangente. Die zurückblitzende wirkt nämlich (ebenſo wie ein zurückgezogener Magnetpol) entgegengeſetzt der aufblitzenden. Der zwiſchen beiden entgegengeſetzten Bewegungen in der Mitte liegende Zuſtand der Ruhe (die wenigſtens als relative aufzufaſſen iſt, wenn der ſogenannte continuirliche Strom der Elektricität als raſche Folge von Blitzen betrachtet wird) muß alſo nothwendig wirkungslos ſein. Denn bloß von einer Wirkung des bewegten Magnetismus handelt ſich hier. — Demnach ergeben ſich die ſo räthſelhaft klingenden Sätze über inducirten Strömen aus dem bloßen Anblicke der jedem einzelnen für angemeſſen gelegten Bilder. Denn alle Nebenbeziehungen, welche die weitläufige Wortſprache nicht zuſammenzufaſſen vermag, ſtellt die Bilderſprache klar dem Auge dar.

3) Was man auf eine ſchwer verſtändliche Weiſe durch Maſſe und Schnelligkeit des elektriſchen Stromes bezeichnet hat, wird nun auch verſtändlicher gemacht durch unſere auf den magnetiſchen Spiralſchwung ſich beziehenden Betrachtungen. Wenn nämlich von einer magnetiſchen Atmoſphäre die Rede iſt, welche z. B. um eine Kupferſchiene oder einen Kupferdraht ſich bewegt, ſo kann theils der Umfang der Atmoſphäre, theils die Schnelligkeit des Umſchwunges in Betracht kommen**). Wollen wir das Bild von Wellen (z. B. rechtsum bewegte

*) Hieran reiht ſich eine bequeme Methode, ſtarke elektriſche Ströme zu meſſen. Zwei Kupferſchienen werden (gleich Condenſatoren) auf einander geſchliffen und geſtrnißt oder mit geſtrnißtes Papier getrennt. Ströme von verſchiedener Stärke werden durch die eine Schiene geleitet; der in der anliegenden entſtehende inducirte Strom wird durch einen magnetiſchen Multiplicator (Schienenmultiplicator) gemeſſen.

**) Praktiſche Folgerungen ergeben ſich daraus für die Conſtruction der Multiplicatoren. Ein einziger ſtarker magnetiſcher Atmoſphärenſchwung, wie vorhin (Nr. I. 1) angeregt, welcher etwa 5° Ausſchlag bei der Vorrichtung Fig. 1 giebt, wird durch einen gewöhnlichen Multiplicator von dünnen Drähten ſo geſchwächt, daß er kaum mehr wahrnehmbar iſt. Will man ihn verſtärken, ſo muß man einen Multiplicator anwenden von zwei verbundenen in Form einer 8 (oder Schleife) gebogenen Kupferſchienen, zwiſchen welche die Doppelnadel

magnetiſche und linksum bewegte nordmagnetiſche im Sinne unſeres Bildes Fig. 2) gebrauchen, ſo treten wir dadurch der gewöhnlichen vom Strom hergenommenen Bilderſprache näher. Und wird die Schnelligkeit der magnetiſchen Schwungbewegung heftig, ſo können kleine Körpertheile dabei losgeriſſen werden, was am leichteſten bei Kohlenſpitzen gelingt. Dieſe Losreißung kleiner Theile iſt mit Lichterſcheinung verbunden und mit Ueberführung der losgeriſſenen Theile vom poſitiven zum negativen Pol, welche übergehenden kleinen Theile dann den Kreis wieder ſchließen, ſo daß bei ſehr ſtarker Kraft ein beſtändiges theilweiſes Oeffnen und Schließen des Kreiſes und in Abhängigkeit davon ein anhaltender Feuerbogen entſtehen kann. Unter ſolchen Bedingungen ſchließt die elektriſche Feuererſcheinung ſich dem unſichtbaren ſogenannten Strom an, welchen wir, den dargelegten Thatſachen gemäß, als magnetiſchen Spiralſchwung auffaſſen berechtigt ſind. Bedingt alſo iſt dieſe Feuererſcheinung durch das, was „Leitungswiderſtand“ genannt wird, d. h. durch einen fortdauernden Kampf des magnetiſchen Spiralſchwunges mit der dadurch aufgeregten Gegenwirkung des Leiters, den er umgiebt. Denn von der Natur des Leiters iſt das mit der Verſchiebung und Losreißung kleiner Theile zuſammenhängende Erglühen deſſelben abhängig, während umgekehrt durch Erwärmung und die damit verbundene Ausdehnung und Verſchiebung der Theile wieder elektriſche Ströme (thermomagnetiſche) hervorgerufen werden können. Da nun die magnetiſche Zentralſchwingung, ſowie überhaupt der Magnetismus, gebunden iſt an den geſchloſſenen Kreis, ſo iſt aus dieſem Geſichtspunkt unmittelbar klar, was ſo großes Befremden erregte, daß bei den ſtärkſten elektriſchen Strömen der gewaltigſten Volta'ſchen Säulen doch die angenommene Schlagweite des Funkens ſich nicht vergrößern wollte, ſo daß man ſich überzeugen mußte, es ſei ſtreng genommen gar keine exiſtirenden *). — Und da der elektriſche Funke von der Abtrennung kleiner durch

---

verſtärkt wird. Ein ſolcher Schienen-Multiplicator giebt auch, wenn an die Schienenenden eine ſtarke Stange von Wismuth angeſchraubt wird, durch bloße Handwärme ſogleich einen ſtarken Ausſchlag von 45—50° und darüber. Nimmt man aber eine aus zarten Wismuth- und Antimon-Streifen auf die bekannte Weiſe zuſammengelöthete Thermoſäule, ſo iſt dieſer Schienen-Multiplicator unbrauchbar; es muß der gewöhnliche aus dünnen Drähten genommen werden, der aber immer viel lebhafter wirkt, wenn die Drähte in Form einer 8 geſchlungen ſind, ſo daß die obere Umſchlingung auf die eine, die untere auf die entgegengeſetzt gelegte Magnetnadel einwirkt. Umgekehrt wird der durch die ſtarke Stange von Wismuth in Contact mit einer Kupferſchiene zu erregende Thermomagnetismus nur ſehr ſchwach auf einen mit dünnen Drähten geſchlungenen Multiplicator wirken.

*) Davy, der mit dem großen Apparat in der Royal Inſtitution von 2000 vierzölligen Platten experimentirte, glaubte die Kohlenſpitzen bis zu $^1/_{30}$ oder $^1/_{40}$ Zoll nähern zu können, ehe ein Lichtfunke ſich zeigte. Offenbar konnte er in ſo großer Nähe die Berührung nicht vermeiden, während dann bei dem Zurückziehen der Kohlenſpitzen der Lichtbogen ſelbſt bis zu 4 Zoll ausgedehnt werden könnte. Daß der Lichtbogen durch übergehende Kohlentheile geleitet wurde, welche den elektriſchen Kreis continuirlich öffneten und ſchloſſen, geht daraus hervor, daß der Magnet leichter auf den Lichtbogen einwirkte und ihn lebhafter in Bewegung ſetzte, wenn er durch dichtere Luft (worin alſo auch die verflüchtigten Kohlentheile mehr zuſammengehäuft), als wenn er durch verdünnte ging. De la Rive (in Archives de l'Electr. I. 262), welcher ſtatt der Kohlenſpitzen Platinſchwamm oder durch Hydrogen reducirtes und in Glasröhren eingeſtampftes Kupfer am poſitiven Pol nimmt (während feſtes Platin am negativen Pol ſein kann), macht vorangegangene Berührung und damit verbundene Erhitzung geradezu zur Bedingung eines entſtehenden Lichtbogens. Fizeau und Foucault (Ann. de Chimie et de Physique 1844. Sér. III. Tom. XI. p. 382) brachte am poſitiven Pol

die Heftigkeit des magnetiſchen Umſchwungs losgeriſſener Theile ſich abhängig zeigt, ſo iſt ſchon dadurch ſein Zuſammenhang mit kryſtalliniſchen Beziehungen angedeutet, indem jede Abtrennung oder Verſchiebung elementarer Theile nothwendig dem kryſtalliniſchen Gefüge gemäß erfolgt. — Und nun können wir auch verſtehen, warum, nach Peltier's Beobachtung, die Drähte ſpröde werden, ſelbſt wenn ſchwache, aber lang anhaltende elektriſche Ströme durch ſie geleitet werden, und warum durch ſtarke discontinuirliche Ströme (d. h. durch raſchen entgegengeſetzten elektromagnetiſchen Umſchwung und dadurch veranlaßte Oscillation der Elementartheile) ſelbſt Klänge entſtehen, deren Intenſität bei klingenden Metalldrähten durch Spannung benachtheiligt, bei nicht klingenden durch dieſelbe Spannung befördert, ja bedingt wird.

4) Während mit gutem Grunde der Magnetismus unter dem Bilde des geſchloſſenen Kreiſes, dem die in ſich zurücklaufende Spirallinie ſich anſchloß, ſymboliſch dargeſtellt wurde, ſo können wir nun (da der elektriſche Funke in Abhängigkeit ſich zeigt von Abtrennung der Theile) die Elektricität unter dem Bilde des geöffneten Kreiſes auffaſſen. Zugleich werden wir durch die ſo eben in Nr. 3 dargelegten Thatſachen auf kryſtalliniſche Beziehungen als Elektricitätsquelle hingewieſen. Da nun der geöffnete Kreis dem geſchloſſenen, worin jeder Punkt zugleich Anfangspunkt und Endpunkt, entgegengeſetzt iſt eben durch das Hervortreten eines Anfangs- und eines Endpunktes, ſo wird ſchon durch die unſere Symbolſprache es angedeutet, unter welchen Modificationen wir die Fortpflanzung anerkennen dürfen, Magnetismus und Elektricität aus demſelben Princip abzuleiten. Während es im Sinne des geſchloſſenen Kreiſes liegt, daß die magnetiſche Polarität ſtets an einem und demſelben Individuum auftritt, ſo ſind doch ſelbſt in den elektriſchen, beide Pole in ſich vereinigenden, Kryſtallen dieſe Pole an verſchiedene, durch Verletzung der Symmetrie ſich auszeichnende Formen gebunden. In den meiſten Fällen treten die ſich gegenſeitig bedingenden Elektricitäten, wie die des Reibzeugs und des geriebenen Körpers, wohl nicht einander, aber nicht in demſelben Individuum auf. Ja man könnte ſagen, daß das Symbol des geöffneten Kreiſes ſich der Gedanke anſchließe an die Bedeutſamkeit der Spitzen, die ſo einflußreich ſind bei der Elektricität, während ſie ganz bedeu

---

Silber, am negativen Kohle an; das Silber ſchmolz und deſtillirte vom poſitiven Pol Kohle über; dann konnte man die Kohle entfernen vom Silber, ohne den leuchtenden Bo zu unterbrechen. Wurden zwei Kohlenſpitzen gebraucht, ſo ging gleichfalls die Kohle v poſitiven zum negativen Pol über und ſetzte hier in veränderter Geſtalt, nämlich graphitartig, ſich an. Sturgeon (in den Ann. of Electr. III. 507, überſ. in Pogg. A Bd. XLIX. S. 122) hebt ausdrücklich hervor, daß ſelbſt bei 300 Plattenpaaren er keine m liche Schlagweite erhalten konnte, wenn nicht die Polarleiter zuvor in Contact gebracht dann erſt zurückgezogen wurden. Sind die Leiter an den Polen in einem kleinen Abſta von einander befeſtigt und man entladet durch den Zwiſchenraum eine Leydener Flaſ ſo findet dann auch die Volta'ſche Entladung ſtatt und ſetzt ſich fort. Offenbar iſt es der Flaſchenfunke, welcher die erſte Losreißung kleiner Theile bewirkte. — Analoge Verſu ſtellte Van Breda im luftleeren Raume an (ſ. Comptes rendus de l'Acad. des Scien vom 31. Aug. 1846. Tom. XXIII. p. 462), und ſelbſt wenn die Drähte nach mikrometriſc Meſſung $^1/_{400}$ Millim. nahe gebracht waren, ging kein Funke über, wenn nicht zuvor Cont ſtattgefunden hatte und dann der Uebergang losgeriſſener Theile von einem Pole zum and begann.

angslos ſind bei dem Magnetismus, wenigſtens in ſeiner Wirkung auf Eiſen und die magnetiſchen Metalle überhaupt*).

5) Mit kryſtalliniſchen Beziehungen und einer damit zuſammenhängenden Spannung und Verſchiebung kleiner Theile hängt die durch Druck, z. B. des Doppelſpathes, aber auch mehrerer anderer Körper zu erregende Elektricität zuſammen. Und hieran reiht ſich die gleichfalls mit kryſtalliniſchen Beziehungen (z. B. der Sprödigkeit des Glaſes) zuſammenhängende Reibungselektricität**). Hierbei ſehen wir öfters bedeutende Schlagweiten des die Luft (die allerdings bloß als relativer Nichtleiter zu betrachten) durchbrechenden elektriſchen Funkens. Der eigenthümliche Geruch, welcher zugleich mit dem Erſcheinen des elektriſchen Feuers hervortritt, hat ſchon längſt die Aufmerkſamkeit erregt und wurde von einigen Phyſikern aus der Losreißung kleiner Körpertheile durch die Elektricität erklärt, während Schönbein's Ozon noch mehr die Aufmerkſamkeit auf dieſen merkwürdigen elektriſchen Geruch hingelenkt hat. — Die Anwendung aber unſerer bisherigen, auf peripheriſche magnetiſche Spiralſchwingung ſich beziehenden Betrachtungen auf den Blitz, oder den gemeinen elektriſchen Funken, läßt ſich durch folgenden Verſuch rechtfertigen. Durch die Stöpſel, womit eine Glasröhre verſchloſſen iſt, gehe von beiden Seiten ein leitender ſtarker Kupfer- oder Meſſingdraht. Eine Unterbrechung der Leitung kann nach Gefallen ſtattfinden in irgend einer Stelle, etwa m n Fig. 3,

(3)

wo ein dünnes ſeidenes Band ſo umgeſchlungen iſt, daß im Kreis umher (bei A) mit Leichtigkeit kleine dünne Nähnadeln durchgeſteckt werden können, in der Art, daß Oehr und Spitze regelmäßig, z. B. rechtsum laufend, ſich folgen. Auf ähnliche Weiſe ſeien an einer andern Stelle (bei B) ganz gleiche Nadeln, aber linksum laufend angeſteckt, wie ſolches in der Zeichnung bildlich durch Pfeilſpitzen, welche die Spitzen der Nähnadeln andeuten ſollen, bezeichnet iſt. Nun ſchlage ein Flaſchenfunke von oben nach unten durch den Draht in der Röhre. Alle Nadeln im Kreiſe A, worin die Folge von Oehr und Spitze rechtsum laufend erſcheint, werden an der Spitze nordmagnetiſch, am Oehre ſüdmagnetiſch ſein. Umgekehrt ſind die Spitzen ſüdmagnetiſch und die Oehre nordmagnetiſch im andern Kreis, welchem linksum laufend die Folge von Oehr und Spitze ſich darſtellt. Nicht bietet ſich auch der Gedanke dar, daß man die Spitze der einen Nadel unmittelbar an das Oehr oder die Mitte der folgenden legen könne, um ſich zu überzeugen, daß derſelbe Funke an derſelben Stelle Nordpolarität oder Südpolarität der Indifferenzzone hervorbringen könne. — Die ganze Erſcheinung kehrt ſich um,

*) Anders iſt es bei der Wirkung des Magnetismus auf die Flamme, ſowie auf Wismuth ꝛc., wobei auf eine neue Weiſe das Verhältniß des Magnetismus zu kryſtalliniſchen Beziehungen hervortritt. Vorläufig können wir hier bloß verweiſen auf die im Intelligenzbl. zur Allg. Lit.-Zeit. Sept. 1848. Nr. 34. S. 254 u. 255 dargelegten Thatſachen.

**) Dieſer Reibungselektricität ſchließt die vorhin (in Nr. 3 zum Schluß) erwähnte Einleitung discontinuirlicher Ströme auf Metalldrähte ſich an, wobei Sprödigkeit entſteht und ſelbſt Klänge hervortreten. Wenn dieſe discontinuirlichen Ströme auf zahlreiche Multiplicatorwindungen durch Induction (alſo in dem vorhin Nr. 2 c bezeichneten Sinn) einwirken, ſo entſtehen der Reibungselektricität analoge Funken, welche Schlagweite zeigen und bei geſchloſſener Kette auf das Elektrometer einwirken. Vergl. Sinſteden's Abh. in Pogg. Ann. 1846. Bd. LIX. S. 353.

und die vorher durch den von oben nach unten ſchlagenden Funken magnetiſirten Nadeln verlieren entweder den erhaltenen Magnetismus, oder nehmen bei hinreichend ſtarker Kraft des elektriſchen Funkens ſogleich den entgegengeſetzten Magnetismus an, wenn der Funke, der anfänglich von *oben* nach *unten* ſchlug, nun von *unten* nach *oben* ſchlägt. — Nimmt man noch dazu, daß jenes *Oben* und *Unten*, worauf hier Alles (ſelbſt mit Beziehung auf den Begriff *rechtsum* und *linksum*) ankommt, ſobald die Röhre *horizontal* gelegt wird, bedeutungslos erſcheint, ſo wird man wohl die Unmöglichkeit begreifen, die Sache durch die *Wortſprache* zu erläutern, während bloß die *Bilderſprache* alle die verwickelten Beziehungen, welche hier nicht *nach einander* (was die Wortſprache allein erreichen kann), ſondern *mit einander in demſelben Moment* aufgefaßt werden müſſen, mit einem einzigen Blicke dem Auge darzuſtellen vermag.

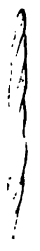
6) Man lege zu dem angegebenen Zwecke unſer Symbol (Fig. 2) in die vertical gehaltene Röhre in der Art, daß die Köpfe nach oben zu liegen kommen, und ausgeſetzt, daß der Batteriefunke von oben nach unten ſchlägt; und man ſieht mit einem einzigen Blicke, daß die dargelegten Erſcheinungen dieſem Typus gemäß erfolgen, ſo nämlich, als ob ein Nordpol linksum, ein Südpol rechtsum im Kreis gedreht werde. Man begreift dadurch die tangentielle magnetiſche Einwirkung auf jede Nadel, welcher man das Symbol zudreht. Von einem peripheriſchen Phänomen iſt die Rede, und darauf alſo kommt es an, an jedem Punkte die Natur der perpendicular zur Richtung des elektriſchen Funkens aufblitzenden magnetiſchen Tangente zu beſtimmen, was ſo leicht vermittelſt unſers Symbols geſchieht. — Setzen wir Bekanntſchaft mit dieſem peripheriſchen Magnetismus des elektriſchen Funkens voraus, ſo brauchen wir nicht mehr zur links ſich drehenden Figur den Buchſtaben N (zur Bezeichnung des Nordmagnetismus), zur rechts ſich drehenden den Buchſtaben S (zur Bezeichnung des Südmagnetismus) zu ſchreiben, ſondern wir zeichnen dafür *zwei Sterne* (zur Andeutung des Blitzfunkens als eines durch die Vereinigung der *zwei* entgegengeſetzten Elektricitäten hervorgerufenen Feuers — gleichſam Zwillingsfeuers — über die Häupter der Figuren, welche die *gewöhnliche* Bewegung des Blitzes *von oben nach unten* angedeutet wird. Denn wir werden uns offenbar zunächſt an die gewöhnliche Erſcheinung des Blitzes anzuſchließen haben, da von der Erde aufſteigende Blitze nur ſelten vorkommen. Und in dieſem Sinne ſieht man, wie unſere Zeichenſprache, welche in Fig. 2 der Schriftſprache noch nicht gänzlich entbehren konnte, zu einer von dieſer Schriftſprache ganz unabhängigen, *der geometriſchen analogen Bilderſprache* (Allgemeinſprache, wiſſenſchaftlichen Hieroglyphenſchrift) wird.

(4)

Anmerkung. In die theoretiſchen Streitigkeiten über poſitive und negative Elektricität und die Art der entgegengeſetzten Bewegung beider (wobei nur die *Bewegung der poſitiven* Elektricität die Richtung des ſogenannten Stroms beſtimmen ſoll) brauchen wir uns bei der angegebenen Bilderſprache nicht einzulaſſen. Es genügt uns die Thatſache, daß der Blitz (ſelbſt wenn er eine halbe Meile durchläuft) vom erſten Anfang an als Vereinigung beider Elektricitäten zu betrachten ſei. Daß er im Zickzack ſich bewegt, iſt der Idee eines Stromes wenig günſtig, wird aber leicht erklärt,

dem Anblick unſeres Bildes, durch die Wirkung des Erdmagnetismus auf dieſen magnetiſchen Spiralſchwung, der, wie ſo eben nachgewieſen wurde, zum Weſen des elektriſchen Funkens oder Blitzes gehört. Selbſt die bekannte Erſcheinung, daß der durch ein Kartenblatt ſchlagende Funke nach entgegengeſetzten Seiten daſſelbe ausfranſt, läßt ſich als Wirkung einer Durchbohrung durch Spiralbewegung auffaſſen. Und ſelbſt Blitzwunden verrathen durch Zurückſchiebung der Haut nach entgegengeſetzten Seiten den Ausdruck dieſer doppelten Spiralbewegung (Journ. d. Ch. u. Phyſ. Bd. XXXIX. S. 134. 135). Im Sinne dieſer Auffaſſungsweiſe mögen wir den Blitz durch Fig. 5 darſtellen, und wenn man die entgegengeſetzten Spiralbewegungen der beiden Elektricitäten bezeichnen will, etwa in der Art wie Fig. 6, wo das Zuſammenkommen entgegengeſetzter Spiraldrehungen (welche nicht füglich in einander hinein ſich zeichnen laſſen) bloß angedeutet wird als gleichſam verborgen unter der Hand, in deren Idee ſelbſt eine auf links und rechts ſich beziehende Wirkſamkeit enthalten. — Man ſieht indeß, daß die bloße Zeichnung einer Spirale zur Verſtändigung bei ſo verwickelten Erſcheinungen nicht ausreicht, obwohl man ſich öfters im Sinne der Ampère'ſchen Theorie eines kleinen Stockes, um den ſpiralförmig ein Band gewunden, zur Verſtändigung in einzelnen Fällen bediente.

(5)



(6)

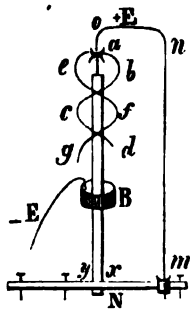
Dieſe der Zeichnung Fig. 5 analoge Vorrichtung ſollte dienen als Symbol des Magnetſtabes, den die Ampère'ſche Theorie als elektriſche Spiralbewegung auffaßt. Aber elektriſche Spiralbewegung vermögen wir ohne künſtlich angeordnete Leiter und Iſolatoren uns nicht zu denken, geſchweige ſie factiſch darſtellen. Magnetiſche Spiralſchwingung aber haben wir wirklich dargeſtellt in dem Verſuche, von welchem wir hier ausgingen. Und ebenſo gründet ſich auf bekannte Thatſachen, was man als Leitungswiderſtand bezeichnet, wodurch wir zu unſerm Schwungmagnetismus, alſo von dem der Schwere analogen Alles durchdringenden (d. h. immateriellen) Princip des Magnetismus zu materiellen, ſelbſt kryſtalliniſchen Beziehungen gelangten, während die ſo wichtige Kryſtallelectricität der Ampère'ſchen Theorie gänzlich entfremdet iſt.

II. Figurenzeichnung mit Beziehung auf einzelne elektromagnetiſche oder magnetoelektriſche Phänomene.

1) Es iſt hier in Fig. 7 eine Vorrichtung gezeichnet analog einem Hermesſtabe. Das Weſentliche derſelben beſteht darin, daß eine Spirale (die einfach oder doppelt nach entgegengeſetzten Richtungen gewunden ſein kann) ſich frei um einen Magnetſtab bewegen könne, während der elektriſche Strom in dieſelbe eingeleitet wird. Die Spirale muß alſo mit einer kleinen Schale zuſammenhängen, welche auf einer iſolirten Spitze beweglich iſt. In die Schale wird ein Tropfen Queckſilber gebracht, in welchen man die Elektricität einleitet, während ſie abgeleitet wird an der Indifferenzzone des Magnets. Die bequeme Vorrichtung zu dieſem Zwecke kann jeder leicht ſich ſelbſt ausdenken, wie ſie z. B. in Fig. 8 angedeutet iſt. Es ſtellt hier a die kleine bewegliche Schale vor, welche auf einem kleinen Hute von Glas oder Achat ſich dreht, der ſie zugleich iſolirt; B iſt die mit Queckſilber gefüllte Schale in der Indifferenzzone des Magnets. Der Magnetſtab kann rund oder viereckig, auch, um deſto kräftiger zu

(7)

(8)



wirken, ein magnetiſches aus Stahlſchienen zuſammengeſet
tes Magazin ſein. Er wird zwiſchen zwei zuſammenge
ſchraubten Bretchen x y am Stativ gehalten, das mit Stel
ſchrauben verſehen iſt. Schon dadurch iſt es möglich, de
Magnet die angemeſſene Stellung zu geben, ſelbſt wen
bloß ein umgebogener Kupferdraht m n o angewandt wir
deſſen Spitze in das Queckſilber der Schale a eintauc
Je ſtärker der Magnet, deſto beſſer iſt es. Sehr kräft
und Funken gebend muß auch der elektriſche Strom ſe
aus mehrgliederigen Ketten, etwa 4—6 Gliedern ein
Kohlenbatterie von Bunſen gebildet. Der ſpiralförmi
Draht ſei ſo leicht um den Stab beweglich, daß er du
einen Hauch in Drehung geſetzt werden kann, zugleich a
ſo nahe am Magnet, daß er bei leichtem Wanken momentan den Magnet berüh
wodurch die Kette geſchloſſen und das Hervortreten von Funken veranlaßt wi
Geſetzt, der Magnet ſei in einer der Erdanziehung entſprechenden Lage, näml
mit dem Nordpol nach unten gekehrt, und es ſtröme die Elektricität von ob
nach unten oder +E werde in a eingeleitet. Um nun den Erfolg vorher
ſagen vermittelſt unſerer Bilderſprache, wird das Bild in der Art angelegt, daß
Köpfe bei a zu liegen kommen, die Füße in der Windung entweder der rechts u
der links umlaufenden Spirale. Der Magnet wirkt offenbar zunächſt auf die im
halb der Spirale liegenden elektromagnetiſchen Tangenten, deren Natur durch
gegen den Magnet hingewandte Bild bezeichnet wird. Das Symbol
Nordmagnetismus (in links ſich drehender Figur) deutet auf Anziehung zu
emporgerichteten Südpol, das Symbol des Südmagnetismus (in re
ſich drehender Figur) auf Abſtoßung. In welche von den beiden Spiralwindu
man auch das Bild auf die bezeichnete Weiſe legen mag, ſo wird dadurch
den angegebenen Nebenbeziehungen (dem emporgerichteten Südpol und dem La
des elektriſchen Stromes von oben nach unten) eine Bewegung der Spirale l i n
um angedeutet. Man ſieht daraus, daß in dieſem Fall entgegengeſetzt laufe
elektriſche Ströme (ſei es, daß ſie durch die rechtsum gewundene Spirale a b
oder durch die linksum gewundene a e f g ſich bewegen) ganz gleichartig wir
was man nicht erwarten ſollte im Sinne der Ampère'ſchen Theorie. Und
Ampère auf ſeinem rein mechaniſchen Standpunkte eine continuirliche elek
magnetiſche Drehung nur durch Vermittelung einer Flüſſigkeit auf eine ſehr
wickelte Weiſe begreiflich zu machen ſucht, ſo bietet ſich hier eine andere Erklärun
weiſe dar. Denn allerdings müſſen anziehende und abſtoßende Kräfte, die gle
mäßig und continuirlich fortwirken, den mechaniſchen Principien gemäß ſich
irgend eine Art ins Gleichgewicht ſetzen. In der That aber ſehen wir, daß
unſerm Falle die Wirkung der Kräfte keine continuirliche ſei. Es handelt
nämlich von unterbrochenen einzelnen elektriſchen Funken, welche raſch nach einan
folgen und wobei jedesmal der aufgerichtete Südpol des vertical ſtehenden Mag
den Südpol der horizontal aufblitzenden, ihm zunächſt liegenden elektromagnetiſ
Tangente abſtößt und den Nordpol derſelben anzieht. — Eben weil uns di
Verſuch als einer der ſchönſten elektromagnetiſchen, die man ſehen kann, zugl
den Grund der continuirlichen Drehungen recht deutlich vor Augen ſtellt, kann
als ein primitiver Verſuch betrachtet werden. Wirklich iſt es in ani

Fällen bei ähnlichen continuirlichen Drehungen nicht ſogleich einleuchtend, daß von einem unterbrochenen Strome die Rede ſei. Läßt man z. B. den über dem Magnete frei beweglichen horizontalen, am Ende etwas herabgebogenen Draht ſich in Waſſer bewegen, oder in Queckſilber, ſo erfolgt gleichfalls fortdauernde Drehung; und ſcheinbar wird dieſelbe von einem continuirlichen, durch das Waſſer oder das Queckſilber gehenden elektriſchen Strome bewirkt. Erwägen wir aber, daß in jedem Fall, es mag von ſalzigem oder ſaurem Waſſer die Rede ſein, bei der erfolgenden chemiſchen Zerſetzung eine ſecundäre Kette gebildet wird, ſo wird es einleuchtend, daß der Gegenſtrom der ſecundären Kette in Kampf kommt mit dem primitiven Strome und momentane Unterbrechungen durch den chemiſchen Proceß (indem die negative Säure zum poſitiven Polardrahte, die poſitive Baſe zum negativen Polardraht übergeht) herbeigeführt werden. — Dreht ſich aber der elektriſirte Draht im Queckſilber, ſo wird man nicht leugnen können, daß poſitiv elektriſirte Queckſilbertheile vom poſitiven zum negativen Draht und umgekehrt übergehen, wodurch gleichfalls jene momentane Unterbrechung veranlaßt wird, wovon wir die Fortdauer der Drehung ableiten, während wir ſpäterhin noch eine andere Gegenwirkung (nämlich die magnetoelektriſche gegen die elektromagnetiſche) kennen lernen werden, ſo daß alſo bei dem elektriſchen ſogenannten Strome in mehr als einer Beziehung die Bedeutſamkeit deſſen hervortritt, was wir ſchon vorhin als Kampf mit dem Leiter bezeichnet haben, während der ſonſt gewöhnliche Ausdruck Leitungswiderſtand bloß etwas negativ, nicht poſitiv Entgegenwirkendes anzudeuten ſcheint.

Unter dieſen Umſtänden iſt alſo, was man elektriſchen Strom nennt, ſtets aufzufaſſen als eine Folge von einzelnen Blitzen. Je raſcher dieſe Folge, oder je mehr die einzelnen Unterbrechungen als verſchwindende Größen betrachtet werden können, deſto mehr entſteht, was man als continuirlichen elektriſchen Strom bezeichnen mag. — Aber darum gelingt die ſo eben beſprochene continuirliche Drehung eines elektriſirten Drahtes im Queckſilber am beſten mit einfacher Kette und mißlingt bei der vielgliederigen, eine viel ſchnellere Folge von Blitzen hervorrufenden Kette; oder (wie man ſich ausdrückt, aber im Sinne der geltenden Theorien ſo nicht verſtändlich machen kann) das Phänomen der continuirlichen Drehung im Queckſilber iſt von der Maſſe, nicht von der Schnelligkeit des elektriſchen Stromes abhängig.

2) Wie gewaltige Drehungen im Waſſer durch Zuſammenwirkung der Elektricität und des Erdmagnetismus hervorgerufen werden können, zeigen die den Schiffern ſo gefährlichen Waſſerhoſen. Der einfachſte Verſuch, im kleinen Maßſtabe elektromagnetiſche Drehungen in Flüſſigkeiten darzuſtellen, iſt folgender: Es bedeute in Fig 9 G L ein kleines Uhrglas, worein man nur etwas weniges verdünnte Salpeterſäure (Scheidewaſſer) gießt. Man ſchabe darauf von einem Stückchen Schwefel oder Kohle kleine Staubtheilchen, um die anzuregende Bewegung der Waſſertheile wahrnehmbar zu machen. Ein Zinkdraht und ein Kupferdraht im metalliſchen Contact (etwa eine halbe Linie dick) berühren mit ihren Enden die ins Uhrglas (das auf den Pol eines Magnets, z. B. den Südpol, geſetzt iſt) eingegoſſene dünne Schicht Scheidewaſſer. Alſobald wird die Flüſſigkeit um Zink

(9)

linksum, um Kupfer rechtsum ſich drehen. — Daß ſolches ſo erfolgen müſſe, lehrt ein Blick auf unſere Bilderſprache. Denn da nach gewöhnlicher Sprachweiſe der elektriſche Strom in der Flüſſigkeit von Zink zu Kupfer in der Richtung des Pfeiles a b ſich bewegt, ſo iſt unſer Symbol in dieſe Richtung ſo hineingeleg zu denken, daß, gegen den Magnet hingewandt, die Köpfe bei a, die Füße bei b z liegen kommen. Der Südpol des unten liegenden Magnets übt auf die ihm zu nächſt liegende aufblitzende elektromagnetiſche Tangente dadurch einen Stoß au daß er die Nordpolarität anzieht. Jeder perpendicular gegen a b gerichtete St muß aber nothwendig eine entgegengeſetzte Drehung der Flüſſigkeit um die entgegen ſtehenden Drähte Z und K veranlaſſen. Von welcher Seite her dieſer Stoß erfolg lehrt der Anblick unſers, gegen den Südpol des unten liegenden Magnets in d bezeichneten Lage gewandten Symbols. Daraus ergiebt ſich zugleich, daß der e gegengeſetzte Stoß erfolgen (oder ſich die Flüſſigkeit um Kupfer linksum, um Z rechtsum bewegen) werde, wenn der Südpol über das Uhrglas gehalten wir weil (was unmittelbar durch die Drehung unſers Symbols bezeichnet wird) obere (nun dem Südpol des Stahlmagnets zunächſt liegende) elektromagnetiſ Tangente der untern entgegengeſetzt iſt. Verdoppelt alſo wird die Wirk werden, wenn, während der Südpol unter dem Uhrglaſe liegt, ein Nordp über daſſelbe gehalten wird. Offenbar wird alſo bei dieſem Verſuche das w Zinkdrahte poſitiv, vom Kupferdrahte negativ elektriſirte Waſſer durch Elektricität, womit daſſelbe verbunden, in entgegengeſetzte Drehung geſetzt. De nach dreht ſich unter dem Einfluſſe eines von unten herauf w kenden Südpols die poſitive Elektricität linksum, die neg tive rechtsum. Und daſſelbe muß alſo auch da gelten, wo wir dieſe Dreh nicht unmittelbar wahrnehmen können, nämlich bei der Vereinigung der bei Elektricitäten im Blitze. Auch hierbei wird unter dem Einfluſſe des magneti Südpols der Erde auf unſerer nördlichen Halbkugel die poſitive Elektricität linksum, die negative rechtsum drehen müſſen.

In mehr als einer Beziehung iſt alſo der eben beſchriebene, auf continuirl Drehung des elektriſirten Waſſers ſich beziehende Verſuch beachtenswerth und dient (wozu noch ein ſpecieller, nachher anzuführender Grund uns aufruft) d eine beſondere Zeichnung dargeſtellt zu werden in unſerer Bilderſpra Dazu aber bedürfen wir offenbar neuer Figuren, welche den bisher gebrauchten eine naturgemäße Weiſe ſich anſchließen. Es iſt nämlich

a) Hindeutung nothwendig auf die von unten herauf wirkende ſüdmagnet Kraft, wozu eine in die Tiefe deutende Figur in unſerer nördlichen Halbkugel nen kann.

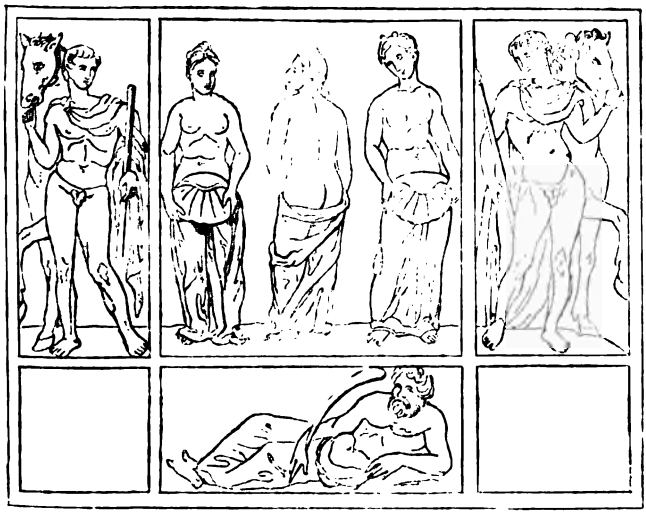
b) Ebenſo unumgänglich nothwendig iſt die Bezeichnung deſſen, was man Sinne jeder elektriſchen Theorie den Leitungswiderſtand nennt. Denn wir ſahen, iſt es eben die Gegenwirkung des Leiters, welche momentane Un brechungen des magnetiſchen Spiralſchwunges (ſogenannten elektriſchen Stro und dadurch jene immer neuen Impulſe der Kraft herbeiführt, von welchen continuirliche entgegengeſetzte Drehung der Flüſſigkeit im obigen Verſuche abhä iſt. Soll nun dieſe Gegenwirkung materieller Beziehungen gegen den Schw magnetismus in der Figurenſprache bezeichnet werden, ſo bietet ſich, während uns bisher mit gutem Grunde der menſchlichen Figur bedienten, von ſelbſt Gedanke dar an den Gegenſatz des Thieriſchen und des Menſchlichen. Und

nentlich kann in unſerm Falle das willig folgende oder ſich ſträubende Pferd als Bild eines vollkommneren oder unvollkommneren Leiters gelten, d. h. hier als Bild der Fortſetzung oder der momentanen Unterbrechung der Bewegung. — Demnach werden die bisher gebrauchten Figuren nun zu verbinden ſein mit Pferden, die ihrer drehenden Bewegung entgegenſtreben. In der Art können wir die momentane Unterbrechung des geſchloſſenen magnetiſchen Kreiſes bezeichnen, wodurch dem vorhin (I. 3) Dargelegten gemäß bei dem Schwungmagnetismus erſt zur Erſcheinung gebracht wird, was wir Elektricität nennen.

c) Da aber die Drehung der poſitiven und negativen Elektricität bloß durch Vermittelung einer Flüſſigkeit, worin eine poſitive und eine negative Zone ſich bildet, wahrnehmbar gemacht wird, ſo bedürfen wir auch des Symbols einer Flüſſigkeit, zu welchem Zweck auf Flüſſigkeit deutende Schalen nicht ausreichen können, weil zugleich entgegengeſetzte Drehung der Flüſſigkeit bezeichnet werden ſoll. Demnach ſind drehende Figuren, welche ſolche Schalen tragen (Nymphen), nothwendig zu zeichnen.

Ganz naturgemäß alſo wird durch die dargelegte Betrachtung die hier ſtehende Zeichnung herbeigeführt werden, die nun keiner weitern Erklärung mehr

(10)



darf. Man ſieht, daß neben der rechts ſich drehenden Figur ein Pferd ſteht, welches dieſer Bewegung widerſtrebend links ſich drehen will, und neben der links ſich drehenden Figur ſteht ein rechts ſich drehendes Pferd. Dieſer Kampf des Schwungmagnetismus gegen materielle Beziehungen iſt es, welcher bei den vorhin (I. 3) angeführten, auf feſte Leiter ſich beziehenden Verſuchen die Erſcheinung elektriſcher Funken hervorrief. Hier aber iſt es die chemiſche Gegenwirkung der Flüſſigkeit, welche dieſen Kampf herbeigeführt. Wir bezeichnen dieſe Gegenwirkung als eine elektrochemiſche, indem wir ſagen, die poſitive Baſe

trete der negativen Elektricität, die negative Säure der poſitiven Elektricität ent gegen, momentan alſo den Gegenſatz ausgleichend. Hierdurch wird zugleich ein Zonenbildung in der Flüſſigkeit herbeigeführt, welche von unſerer Bilderſprach deutlich genug durch die der bewegenden Kraft folgſame Drehung der nächſtſtehen den Nymphen und die indifferente oder von beiden abgewandte Stellung der mitt lern Nymphe bezeichnet iſt.

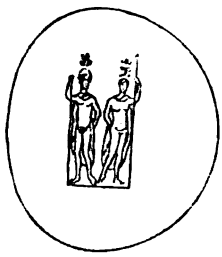
Da dieſelbe Zonenbildung in jedem Glied einer Volta'ſchen Säule ein tritt, ſo wird es dadurch ſogleich einleuchtend, wie wunderlich der Streit ſei, ob d Wirkung der Volta'ſchen Säule vom Contact heterogener Leiter oder vom chem ſchen Proceß abhänge. Offenbar ſind doppelte Elektricitätsquellen nothwendi wenn durch deren entgegenſtehende Bewegung ein Kreislauf der Elektricität er ſtehen ſoll. Oder mit andern Worten: was wir fortdauernden Strom der Ele tricität nennen, iſt die der Entladung (durch ſichtbare oder unſichtbare Funken) u mittelbar folgende neue Ladung, d. h. der elektriſche Strom iſt eine Reihe elekt ſcher Blitze*), deren Unterbrechung zugleich das Hervortreten neuer Blitze bedin

3) Wenn ſich nun unſer Symbol Fig. 2 auf die durch Stahlmagnetism zu erregende Spiralſchwingung der beiden magnetiſchen Pole, Fig. 4 aber auf d ſelbe durch den herabfahrenden Blitz oder elektriſchen Funken zu erregende magn tiſche Spiralſchwingung bezog, ſo läßt ſich in dem letztern Falle fragen, welche v beiden Elektricitäten (als deren Vereinigung wir den elektriſchen Funken betrachte ſich rechtsum, welche linksum dreht im Momente der Vereinigung, da die Magnet ſtirung der im Kreis umhergelegten Nadeln entſcheidend für die Drehung ein nordpolariſchen Kraft linksum und einer ſüdpolariſchen rechtsum ſprach. Vergl chen wir in unſerer Bilderſprache Fig. 4 mit Fig. 10, ſo müſſen wir, wie vorh ſchon beſprochen, zugeben, daß auch bei der Vereinigung der beiden Elektricitä in andern flüſſigen Leitern als Waſſer, namentlich auch in der Luft (ja ſelbſt der Torricelli'ſchen Leere, worin ein Batteriefunke überſchlägt), wenigſtens auf unſer nördlichen Halbkugel ſich die poſitive Elektricität linksum, die negative rechtsu drehen werde. Demnach können wir nun, ſtatt, wie es Fig. 4 geſchah, die V einigung der beiden Elektricitäten bloß mit zwei Sternen zu bezeichnen, die, herabfahrendem Blitze, eine Drehung des Nordpols linksum darſtellende Figur gleich als Symbol der poſitiven Elektricität und die rechtsum ſich drehen der Drehung eines Südpols entſprechende Figur zugleich als Symbol der ne tiven Elektricität auffaſſen und in dieſem Sinne beide Figuren ſo bezeichnen, w es Fig. 11 geſchehen iſt. Bekanntlich ſtrömt die poſitive Elektricität ſtrahlenförm aus (im Zickzackfunken), während der negative Conductor bloß mit Lichtſchein u geben ſich zeigt. In dieſer Art ſind Fig. 11 die beiden Elektricitäten abgemalt**

*) Dieſe ſchnelle Folge elektriſcher Lichtblitze bei der Waſſerzerſetzung kann ſelbſt d Auge ſichtbar dargeſtellt werden, wenn man ſehr dünnen Metalldraht und ſehr ſtarke Elek cität anwendet, indem die ſich entbindenden Gaſe nun leuchtend hervortreten, welches Leucht nach Fizeau's und Foucault's vorhin (Note zu I. 3) angeführter Abhandlung, w züglich am negativen Leiter ſtattfindet.

**) Da wir hier nochmals auf den Grundtypus unſerer Bilderſprache zurückgekomm ſo mag es zweckmäßig ſein, nebenbei an einen im edelſten Sinne myſtiſchen Verſuch zu er nern, der nur klar aufzufaſſen iſt mittelſt dieſer Bilderſprache. Man denke ſich eine kreisf mige Stahlſcheibe in der Mitte durchbohrt. Ein mit Siegellack überzogener ſtarker Kupf draht gehe durch dieſe Oeffnung in der Mitte der Scheibe, ſo daß ein Flaſchenfunke dur

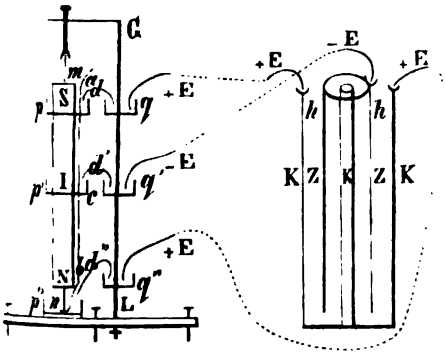
(11)



Nebenbei mögen wir auch an die Lichtenbergiſchen Figuren uns erinnern, wobei die poſitive Elektricität ſtrahlig, die negative wolkig ſich darſtellt. Wo es alſo nicht angemeſſen, beide Elektricitäten durch das Bild ihrer Lichterſcheinung darzuſtellen (da z. B. der durch Fig. 10 angedeutete Verſuch, wie wir ſahen, ſelbſt bei einfacher, keineswegs Funken gebender Kette gelingt), ſo können wir das Symbol der negativen Elektricität durch ſtärkere Umhüllung charakteriſiren und damit einen abgeſtumpften oder nicht mit einer Spitze verſehenen Speer verbinden, während das Symbol der poſitiven Elektricität einen Speer trägt mit zugeſpitzter Lanze.

4) Wir kommen zu einem andern merkwürdigen elektromagnetiſchen Verſuche, welcher gleichfalls verdient, in einem beſondern Bilde dargeſtellt zu werden. Ein viereckiger Magnet (an deſſen Stelle auch ein aus Stahlſchienen zuſammengeſetztes magnetiſches Magazin geſetzt werden kann) drehe ſich um zwei Spitzen m und n, ſo leicht als möglich. Die nordpolariſche, ſüdpolariſche und Indifferenz-Zone ſind durch N, S, I bezeichnet. Neben dem Magnet ſei iſolirt (mit ſeidenem Band umwunden) eine Schiene von Kupfer angebracht; leichte Schalen von Holz, p und p', durch welche der Magnet und die Kupferſchiene gehn, ſind aufgeſchoben bei S und I, während die Spitze der Schiene a c b ſich gleichfalls in einer unten am Stativ angebrachten Schale p'' bewegt. G L bezeichne einen Glasſtab, woran drei Korke verſchieblich mit Vertiefungen verſehen, mit Queckſilber eingegoſſen, zugleich aber auch umgebogene Kupferdrähte d, d', d''

(12)



---

lagen kann, ohne die Scheibe anders als durch ſeinen peripheriſchen Magnetismus zu affiziren. Hierdurch wird im Sinne unſers Symbols ein magnetiſcher Spiralſchwung angeregt, aber der Südpol rechtsum, der Nordpol linksum ſchwingt. Aber dieſe Wirkung der bewegten magnetiſchen Pole kann erſt wahrnehmbar werden, wenn die Scheibe durchſchnitten wird, oder wenn ſolches erſt nach Jahren geſchieht. Die Seite, von welcher der Funke herſchlug, nicht bloß (mit +) bezeichnet zu ſein, und man wird ſogleich die Art des beim Aufſchneiden gleicht erſt nach zehn Jahren hervortretenden Magnetismus durch unſer Symbol vorherſagen können. Man erkennt hieraus an einem neuen Beiſpiele die Unentbehrlichkeit unſerer Bilderſprache. — Zugleich werden wir nach einiger Erwägung der wunderbaren Erſcheinung dazu in der Ueberzeugung kommen, daß wir am beſten thun, wirklich einen durch einen einzigen Flaſchenfunken hervorgerufenen Umſchwung des Südmagnetismus rechtsum, des Nordmagnetismus linksum (wie er von unſerem Symbol angedeutet) als einen nicht bloß momentan angeregten, ſondern in der Stahlſcheibe Jahre lang fortdauernden anzunehmen. Während wir am Himmel ewige Bewegung ſehen, ſtellt der Magnetismus das Analoge auf Erden dar; denn ohnehin iſt der Erdmagnetismus in ewiger Bewegung.

ſo eingeſteckt werden können, daß ſie das Queckſilber in p, p', p'' bloß berühren. Zu dieſem Zweck iſt es gut, die Drähte d, d', d'' am Ende, wo ſie in die Schalen p, p', p'' eintauchen, mit Siegellack zu überziehen und bloß die äußerſte Spitze perpendiculär abzufeilen und zu amalgamiren, damit der etwa eine Linie dicke Kupferdraht (den wir hier vorausſetzen) lediglich mit der untern Fläche, nicht mit der Seitenfläche das Queckſilber berühre. Denn das Queckſilber in den Schalen p, p', p'' muß höchſt rein ſein und daher auch die Amalgamirung mit den Kupferdrähten möglichſt verhütet werden, weswegen auch die Drähte d, d', d'' erſt unmittelbar vor Anſtellung des Verſuchs in das Queckſilber der Schalen p, p' eingeſetzt werden, das ſelbſt unmittelbar zuvor eingegoſſen, um nicht durch längere Berührung der in p und p' amalgamirten Kupferſchiene a c b verunreinigt zu werden. — Ein leiſes Blaſen auf die Schalen p, p' muß Drehung des Magnetſtabes um die Axe bewirken können. — In die Korkſchalen q, q', q'' kann gemeines Queckſilber eingegoſſen werden. — Daß die ganze Vorrichtung auf einem mit Stellſchrauben verſehenen Brete ſtehn müſſe, iſt unnöthig zu erinnern. Denn auch in den Schalen p, p' muß das Queckſilber ganz gleichmäßig vertheilt ſein, damit der Magnet ſich mit freier Axe umdrehen könne. — — Neben dieſem Apparate ſtehe ein Kupfercylinder K mit aufwärts gehendem Rohre k', dem bei h h ein Holzring aufgeſchoben werden kann, worüber ein Zinkcylinder geſteckt iſt, deſſen Berührung mit dem Kupfer unten durch einen Glasring verhütet wird. Sowohl am Kupfer als am Zink ſind Schalen angebracht, in welche Queckſilber eingegoſſen wird, während Korke aufgeſteckt ſind, welche die ins Queckſilber der Schalen eingeſenkten Drähte feſthalten, damit ſie mit q, q', q'' bequem in Verbindung gebracht werden können. Von dem Kupfercylinder ſollen zwei Drähte ausgehn, welche die poſitive Elektricität in q, q'' einleiten und mittelbar dadurch in p, p''. Der ganze Apparat muß in Stand geſetzt ſein und der Magnet mit freier Axe (nach der Sprache der Mechaniker) ſich mit Leichtigkeit um die Spitzen bei m und n drehen, wenn man verdünntes Scheidewaſſer in den Kupfercylinder eingießt. Verdünnte Salpeterſäure iſt darum ſtatt der Schwefelſäure zu empfehlen, weil dann Zink bloß durch Abwaſchen mit Waſſer ſehr leicht gereinigt werden kann; denn ich vermeide gern die beſchwerliche Amalgamirung des Zinks, welche die Anwendung des gemeinen Zinkblechs, das dabei ſchnell zerſtört wird, faſt unmöglich macht. Iſt die ſalpeterſaure Flüſſigkeit ſchon einmal gebraucht und dadurch kupferhaltig oder zinkhaltig, ſo mißlingt der Verſuch gewiß, ſelbſt wenn die Säure noch ſo ſtark wäre. Darum wenn nicht ſogleich im Momente des Eingießens der reinen verdünnten Salpeterſäure in den Kupfercylinder (der unmittelbar zuvor, um im Sinne Ritter's geladen zu werden, mit ſtarker Salpeterſäure behandelt und wieder ausgewaſchen ſein kann) die Umdrehung des Magnets, und zwar unter den angegebenen Nebenumſtänden linksum, erfolgt, ſo wird ſie nachher nicht mehr zu Stande kommen. Man muß dann einen ſtärkern Apparat (etwa Grove's Platinoder Bunſen's Kohlencylinder) anwenden, jedoch nicht in Form einer Volta'ſchen vielgliederigen, ſondern als einfache Kette, worauf ſchon vorhin (II. 1 Schluß) bei einem andern Verſuche aufmerkſam gemacht wurde.

Wir wollen nun durch unſer Symbol (Fig. 4) herauszubringen ſuchen, wie erfolgen muß, wenn der elektriſche Strom von a zu c abwärts und gleichzeitig von b zu c aufwärts fließt. Es kommt darauf an, die Wirkung der elektromagnetiſchen Tangente zu beſtimmen, welche den Polen des Stahlmagnets zunächſt li

an der gegen den Magnet gewandten Seite der Kupferſchiene. Demnach muß bei a das Bild ſo gelegt werden, daß es gegen den Südpol des Magnets gewandt ſei und die Köpfe bei a zu liegen kommen, d. h. das Bild aufrecht ſtehe zur Andeutung der von oben nach unten, von a zu c ſich bewegenden Elektricität. Hierdurch iſt die Natur der aufblitzenden zunächſt auf den nebenliegenden Südpol wirkſamen elektromagnetiſchen Tangenten bezeichnet, wodurch, wie man leicht bei Anlegung des Bildes ſich überzeugt (indem die eine Hälfte der elektromagnetiſchen Tangenten anziehend, die andere abſtoßend wirkt), eine Bewegung des Magnets linksum bedingt wird. Dieſelbe Bewegung wird durch die elektromagnetiſche Wirkung auf den Nordpol des Magnets herbeigeführt werden, was angedeutet iſt durch unſer hier umgekehrt in der Art zu legendes Symbol, daß die Figuren abwärts gewandt mit den Köpfen an b zu liegen kommen zur Andeutung des von b zu c ſich hinbewegenden elektriſchen Stromes. — Unmittelbar leuchtet es ein, daß das Bild an beiden Polen gerade in die entgegengeſetzte Lage gebracht werden müſſe, wenn der elektriſche Strom an der Indifferenzzone eingeleitet und an der polariſchen abgeleitet wird. In dieſer umgekehrten Lage deutet das Symbol (wie ein bloßer Blick darauf lehrt) uns an, daß der Magnet rechtsum ſich drehen müſſe. Man ſieht an dem Gebrauch unſerer Bilderſprache ſogleich, was von dem Satze zu halten ſei, der in ſo hohem Grade ſich geltend machte, daß ein elektriſirter Draht das Beſtreben habe, ſich um den Pol des Magnets, und umgekehrt der Magnetpol ein Beſtreben habe, ſich um einen elektriſirten Draht zu drehen. Solche myſtiſche Ausdrücke ſind unvermeidlich, wenn man die Erſcheinung nicht ſcharf genug ausſpricht, was wie man nun ſchon merkt, bloß in der Bilderſprache, nicht in der Wortſprache in aller Strenge möglich iſt. — Da ſich hier der elektriſirte Leiter zugleich mit dem Magnete dreht, ſo iſt factiſch dargethan, daß es jenem Ausdruck an Schärfe und Beſtimmtheit fehlt, während unſere Bilderſprache übrigens die Grenze bezeichnet, innerhalb welcher er als ein populärer (nicht wiſſenſchaftlicher) gebraucht werden mag.

Durch das Bild (Fig. 10) war ausgeſprochen, daß ſich poſitiv elektriſirte Flüſſigkeit (alſo auch Queckſilber) über dem Südpol linksum drehe. Wenn man über einen Magnet auf irgend eine Weiſe (etwa durch Beſchwerung mit Platin) unter das Queckſilber hinabzieht, ſo daß bloß ein kleiner Theil des Südpols hervorragt, ſo bleibt es bei Einleitung des elektriſchen Stroms in das Queckſilber unbedeutig, ob der Magnet ſich aus eigener Kraft um ſeine Axe drehe, oder nur, das Queckſilber mit fortgeriſſen, hineingezogen werde in deſſen Drehung. Dieſe Unbedeutigkeit wird vermieden, wenn der Magnet ſelbſt die Queckſilberſchalen trägt. Leichter aber iſt der Verſuch auszuführen, wenn man den Magnet von dieſer Laſt befreit und auch die Schalen p und p′ ebenſo befeſtigt ſind wie p″, worin ſchon die von der Schiene a b auslaufende Spitze ſich dreht. Die Schalen verwandeln ſich dann in mit Queckſilber gefüllte Ringe, worin vom Magnet ausgehende Leiter ſich bewegen. Denn man ſieht leicht, daß am Magnetſtahl ſelbſt die Elektricität an den Polen zur Indifferenzzone geleitet werden kann, wobei der im Sinn unſers Symbols (Fig. 2 u. 4) linksum ſchwingende Nordmagnetismus den aufgerichteten Südpol des Stahlmagnets mit ſich fortreißt, alſo unter den vorhin angegebenen Bedingungen linksum bewegt. — Wohlerwogen iſt daher dieſer Umſchwung des Magnets um ſeine Axe ein neuer Beweis dafür, daß der elektriſche Funke oder Strom (der als eine Reihe von Funken zu betrachten) als Schwungmag-

netismus im Sinne der Fig. 4 aufzufaſſen ſei, weil der geſetzmäßige Umſchwung des Magnets um ſeine Axe unmittelbar ſich ergiebt, wenn man das Symbol Fig. 4 auf angemeſſene Weiſe zur Bezeichnung des Stroms von den beiden Polen zur Indifferenzzone (oder umgekehrt) in den Magnet hineingeleg ſich denkt.

Will man ſtatt des Magnets einen bloßen Eiſenkern, etwa einen mi Papier oder Seidenzeuch überzogenen Piſtolenlauf, anwenden, ſo kann ma einen ſtarken Kupferdraht von oben herab rechtsum bis zur Mitte und dan einen zweiten von der Mitte herab linksum winden, während die Enden dieſ Drähte in die oben bezeichneten drei mit Queckſilber gefüllten Ringe ausgeh Leitet man nun den Strom von beiden Enden ein, ſo daß die poſitive Elektr cität von dieſen Enden zur Mitte ſich bewegt, ſo entſteht ein ſtarker Elektr magnet, deſſen Südpol aufwärts und deſſen Nordpol abwärts gekehrt iſt u welcher ſich zugleich lebhaft um ſeine Axe drehen wird, und zwar linksu durch die vorhin vermittelſt unſerer Bilderſprache erläuterte Wirkung der abwär vom Südpol und aufwärts vom Nordpol zur Indifferenzzone ſtrömenden Elektr cität. Ein Blick auf das dieſem Elektromagnet in der angemeſſenen Ste zugewandte Symbol (Fig. 4) lehrt aber zugleich, daß dieſer Elektromagn ſich nicht rechtsum drehen werde, wenn man den Strom umkehrt, ſondern ſo fährt ſich linksum zu drehen, eben weil dann zugleich der Eiſenmagn tismus umgekehrt wird und der Nordpol nach oben, der Südpol na unten gewandt iſt.

5) Aeußerlich ſind, wie man ſieht, dieſe Formen des Verſuchs ſo verſch den, daß es ſchwer iſt, jedesmal ſogleich das Weſentliche zu erkennen, worauf ankommt. Daher wird es gut ſein, alle dieſe Formen deſſelben Experiments einer ſich unſerm allgemeinen Symbol (Fig. 4) anſchließenden Specialformel zuzuſtellen. Denn dies iſt die Hauptaufgabe unſerer Bilderſprach alles Unweſentliche, was nur der einzelnen Experimentirungsweiſ eigenthümlich iſt, von dem Weſentlichen zu trennen. Es iſt zu dieſ Zweck in unſerm Falle Folgendes zu erwägen:

a) Wenn wir uns bei dem vorhergehenden Verſuche zur Bezeichnung des die Erde oder den Magnetſtein, oder Stahl und Eiſen ꝛc. gebundenen Magnet mus mit einer in die Tiefe deutenden Figur begnügen konnten, ſo bedürfen nun einer allgemeineren Bezeichnung dieſes an den Stein gebundenen (materiel Beziehungen gleichſam dienſtbar gewordenen) Magnetismus. Offenbar wird zweckmäßig ſein, daß wir dabei uns zunächſt dem Magnetſtein anſchließen, weil der bedeutſamſte auf der Erde iſt, und das iſt der vom Himmel gefallene magn tiſche Meteorſtein. Dies um ſo mehr, da das Symbol (Fig. 4), von welchem wir ausgingen, an die bedeutſamſte Bewegung des elektriſchen Feuers, nämlich an den vom Himmel zur Erde herabfahrenden Blitz, ſich anſchloß. Leicht mag uns nämlich beifallen, daß mit donnerndem Gebraus zuweilen auch Meteorſte herabfallen, deren Inkruſtirung, wie Scherer (in Gilbert's Annalen 18 Bd. XXXI. S. 21) ſehr gründlich nachgewieſen, ſtets auf eine raſche Schmelzung Oberfläche, wie ſie bloß durch elektriſches Feuer möglich, hindeutet. Und Naturgeſetzen, welche unſere Bilderſprache nothwendig machten, iſt es gemäß, bei dieſem, ſei es auch bloß zufälligen, aber doch beſtändigen Zuſammenhange

Meteorſteine mit Elektricität die Meteorſteine nicht ſelten als Magnete herabkommen, während unſtreitig dieſe vom Himmel kommenden Magnete vorzüglich geeignet ſind, die Aufmerkſamkeit hinzulenken auf den ſonſt ſo unſcheinbaren Magneteiſenſtein. — Uebrigens mag wohl die Erweichung dieſer oft glühend herabkommenden Maſſen die Veranlaſſung geben, daß die vorherrſchende Form der Meteorſteine eine unregelmäßig pyramidale oder kegelförmige iſt, wie Schreibers durch die zahlreiche Sammlung derſelben im Wiener Muſeum nachgewieſen hat. Chladni in ſeinem berühmten Werk über Feuermeteore (S. 49) erinnert, daß ſchon das Alterthum auf dieſe dreieckige, viereckige oder pyramidale Geſtalt aufmerkſam wurde, und daß von dem urſprünglich erweichten Zuſtande dieſer Maſſen und den im Innern entwickelten elaſtiſchen Flüſſigkeiten die größern oder kleinern Vertiefungen und Hervorragungen auf ihrer Oberfläche abhängig ſein mögen. — Uebrigens wird noch jetzt (ſ. Poggendorff's Ann. 1830. Bd XVIII. S. 621) zu Lübet im Lama-Kloſter Sera eine eiſerne Keule aufbewahrt, welche der Sage nach durch die Luft dahin flog und zu welcher jährliche Wallfahrten ſtattfinden. Demnach paßt die Zeichnung einer Art von Keule, wie ſie z. B. Fig. 10 mit der unten liegenden, den Magnetismus bezeichnenden Geſtalt in Verbindung gebracht iſt. Und wollen wir naturgemäß auch den Urſprung dieſes Magnetismus der Meteorſteine durch Elektricität andeuten, ſo können wir dieſe Andeutung hernehmen von einem durch elektriſche Funken des behaarten Felles ſich auszeichnenden Thiergeſchlechte, und alſo einer knotigen Keule noch ein Löwenfell beifügen. Vielleicht mögen auch die geſträubten Mähnen des erzürnten, Feuer aus den Augen ſtrahlenden Löwen Veranlaſſung, daß derſelbe auf alterthümlichen Gemmen öfters mit dem Keulenſymbol im Rachen abgebildet iſt. — Unter dieſen Umſtänden alſo wäre eine dem alterthümlichen Hercules ähnliche Figur zu zeichnen, während wirklich die obige Benennung des magnetiſchen Steins die des herculiſchen iſt.

Wollen wir aber, ſtatt auf die alte, vielmehr lediglich auf die neuere Zeit Rückſicht nehmen, ſo bietet ſich der Gedanke dar, daß, wenn gewaltige Wirkung durch Elektromagnetismus (z. B. die beabſichtigte Bewegung von Wagen auf der Eiſenbahn) je hervorgerufen werden ſoll, ſolches kaum anders als durch Einleitung einer Schwungbewegung möglich wäre, wobei die Keulenform (der Idee nach wenigſtens, bei jeder Abänderung des Apparats, vorhanden) zur Verſtärkung des Schwunges unentbehrlich ſein würde. Das zu ſolchem Zwecke mit Multiplicationsumſchlungene Eiſenſtück wird aber ſtärker magnetiſch (wie längſt die Verſuche amerikaniſcher Phyſiker gezeigt), wenn wir in einzelnen Knoten den Multiplicator umſchlingen. Wir kommen alſo auch auf dieſem Wege auf eine knotige elektromagnetiſche Keule, oder, im Geiſt unſerer Zeichenſprache, auf einen Keulenträger, zur Andeutung einer an die Materie (Stein, Eiſen oder Stahl ꝛc.) gebundenen magnetiſchen Polarität. Doch werden wir es dankbar annehmen, wenn uns Jemand ein beſſeres, zu unſern Zwecken mehr brauchbares Symbol anzugeben weiß.

b) Bei Bezeichnung der Elektricität werden wir in Erwägung ziehen, was oben vorhin (Nr. II. 2. b u. 3.) umſtändlich dargelegt wurde, aber auch zu beachten haben, daß nun die Symbole beider Elektricitäten nicht in gegenſeitig abgewandter Stellung (wie es zweckmäßig iſt zur Andeutung der elektromagnetiſchen Tangentialrichtung), ſondern hingewandt zum Symbole des Magnets, auf den ſie wirken

ſollen, zu zeichnen ſind. Es liegt in der Natur drehender Figuren, daß, während von einer Seite ſie von einander ſich abwenden, ſie von anderer Seite ſich zu einander hinwenden. Während aber bei den gegenſeitig ſich abwendenden Figuren die rechtsum ſich drehende Figur rechts im Bilde ſtand, die linksum ſich drehende links, ſo wird es nun naturgemäß ſein, bei den zu einander, nämlich gemeinſchaftlich zum Symbol des Magnetismus ſich hinwendenden Figuren die linksum drehend (Symbol der poſitiven Elektricität) rechts im Bilde, und die rechtsum drehend (Symbol der negativen Elektricität) links im Bilde zu ſtellen.

(13)

Nach dieſer Be
vorwortung iſt unmi
telbar das Bild (Fi
13) verſtändlich. Nich
Weſentliches wird da
in unbezeichnet gebli
ben, nichts Unweſen
liches beigefügt ſch
nen. Ebenſo aber, w
(Fig. 10) mit Bezi
hung auf unſere nör
liche Halbkugel aufg
faßt wurde, werden w
nun mit gleicher Bez
hung auch das Bi
(Fig. 13) aufzufaſſ
haben. Wir werden m
alſo bei dem Symb
des an den Stein oder Stahl gebundenen Magnetismus daran erinnern, daß in nör
licher Halbkugel der Nordpol eines frei beweglichen Magnetſtabes oder einer Ma
netnadel ſich zur Erde ſenkt, ſowie auch jeder aufgerichtete Eiſenſtab oben *südp*
lariſch, unten *nordpolariſch* ſich zeigt. — Auf elektrochemiſchem Standpun
aber haben wir den Zuſtand der Feſtigkeit vom kryſtallelektriſchen Zuſammenha
der Theile, den der Flüſſigkeit von der elektriſchen Indifferenz derſelben Elem
tartheile abzuleiten. Das Bild der Schale, welches dem Symbole des Stahlm
netismus in die linke Hand gegeben iſt, wird uns daher als Bezeichnung der Ind
renzzone dienen können, während die polariſchen Zonen, von welchen die Kr
ausgeht, d. h. die ſtarke Seite des Magnets, naturgemäß durch die *Keule* bez
net werden kann. Mit dieſer ſtarken Seite des Magnets (d. h. den beiden pola
Zonen) iſt das Symbol der poſitiven, mit der Indifferenzzone das Symbol
negativen Elektricität verbunden. Und zwar dient (dem gemäß, was Nr. II. 2
und II. 3 dargelegt iſt) eine links ſich drehende Figur (neben rechtsum ſtrebend
Pferde) als Symbol der poſitiven Elektricität, und eine rechts ſich drehende Fi
(neben linksum ſtrebendem Pferde) als Symbol der negativen Elektricität. D
Symbol des Magnetismus dreht ſich *linksum*. Ganz ſcharf iſt alſo der G
durch dieſe Bilderſprache ausgeſprochen, daß *ein um ſeine Axe beweglich*
Magnet, deſſen Nordpol gegen die Erde gerichtet iſt, unter d
Einfluſſe der an ſeinen Polen einſtrömenden poſitiven El

tricität, welcher die negative in der Indifferenzzone entgegen kommt, ſich linksum (von Weſt über Süd nach Oſt) dreht.

III. Benutzung unſerer Bilderſprache zur Beſeitigung entſtandener Mißverſtändniſſe.

1) Man findet nirgends in unſern Lehrbüchern eine deutliche Darſtellung des Phänomens, wovon hier zuletzt die Rede war; vielmehr wurde daſſelbe (mit unter Queckſilber herabgezogenem Magnete gewöhnlich dargeſtellt) einſeitig bloß mit Hinſicht auf einen Pol aufgefaßt und in der Art ausgeſprochen (was ich mit den Worten anführe der zweiten Ausgabe eines neueren mit Recht ſehr beliebten Lehrbuches der Phyſik): „wenn man den Strom durch die eine Hälfte der Axe eines Magnets auf oder nieder ſtrömen läßt, ſo rotirt der Magnet (wenn ſeine Aufhängung oder ſeine Aufſtellung eine ſolche Rotation erlaubt) um ſeine Axe. Iſt der Südpol *) oben, ſo dreht ſich derſelbe immer nach der linken Seite der (nach Ampere's Weiſe) in den Strom eingeſchaltet gedachten menſchlichen Figur.“ — Man ſieht, wie ungenau und unverſtändlich dieſer Ausdruck iſt. Und dennoch (nachdem hervorgehoben, daß ſich die Ampere'ſche Theorie eben bei dieſer Magnetdrehung nicht mehr gegen neuere Einwürfe halten könne) wird beigefügt: „Will man die Ampere'ſche Theorie ganz fallen laſſen, ſo muß man von der Erſcheinung, daß ein elektriſcher Strom, welcher nur dem einen Pole eines andern Stromes parallelen, frei beweglichen Magneten gegenüber ſteht, dieſen Pol je nach ſeiner Natur nach der einen oder andern Seite zu drehen ſtrebt, als von einer Fundamentalerſcheinung ausgehn und dann daraus alle andern Erſcheinungen ableiten, welche die gegenſeitige Einwirkung von Strömen und Magnete darbieten.“ — Andere, und zwar gleichfalls die neueſten und vorzüglichſten Lehrbücher der Phyſik laſſen die Bezeichnung der Art der Drehung (die ſogar zur Fundamentalerſcheinung erhoben werden ſoll) ganz hinweg zu drücken nur im Allgemeinen in der Weiſe ſich aus: „richtet man einen cylindriſchen Magnet ſo ein, daß er ſich um ſeine eigene verticale Axe bewegen kann, und leitet einen elektriſchen Strom durch ihn, der nur auf einen ſeiner Pole wirkt, ſo beginnt dieſer ſich ſchnell um die Axe zu drehn.“ — Wäre das Phänomen wirklich ein unipolares (wie gewiſſe andere nicht hierher gehörige Erſcheinungen als unipolare Leitung aufgefaßt werden), ſo würde es ſchwer ſein, in unſerer Bilderſprache daſſelbe darzuſtellen, wenigſtens wäre es nöthig, auf die beſondere Bezeichnungsweiſe dieſer Unipolarität zu denken. — Unſer Bild Fig. 13 ſpricht es aber mit Recht aus, was bisher unbeachtet blieb, daß die Einwirkung auf beide Pole zugleich zur Natur des Verſuchs bei ſtreng wiſſenſchaftlicher Auffaſſung deſſelben gehöre, während auch dadurch die Wirkung der Kraft verſtärkt wird.

2) Keine andere Sprache als eine Bilderſprache vermag, zur ſtrengen Nachweiſung des wiſſenſchaftlichen Zuſammenhanges, zugleich das elektromagnetiſche und

*) In der neueren dritten Auflage wird dieſelbe ſo höchſt unbeſtimmt bezeichnete Drehung ganz mit denſelben Worten dem aufgerichteten Nordpol zugeſchrieben. — Und ähnliche Sprachverwirrungen kommen vor in allen Compendien, weil ſie ohne Bilderſprache unvermeidlich ſind.

das entgegengeſetzte magnetoelektriſche Phänomen ſcharf auszuſprechen. Wirklich iſt aber durch Fig. 13 auch geſagt, daß, wenn man einen Magnet, deſſen Nordpol nach unten gerichtet iſt, um ſeine Axe linksum dreht, an den beiden Polen des Magnets poſitive, an der Indifferenzzone negative Elektricität auftreten müſſ unter Mitwirkung der Leiter, welche zur Schließung des elektriſchen Kreiſes erfor derlich. — Die vorhin (Fig. 12) beſchriebene Vorrichtung iſt ganz dazu gemacht dieſe Erſcheinung darzuſtellen; nur muß dann der Draht d und d'' mit dem eine Ende, und d' mit dem andern Ende eines aus ſtarken Kupferſtreifen mit einfacher Umſchlingung in Form einer 8 (oder einer Schleife) gebildeten und mit aſtatiſcher Magnetnadel verſehenen Multiplicators in Verbindung gebracht werden. Wi man ſtärkere Wirkung ſehen, ſo wird man einen kräftigen Magnetſtab (der, wen er wie gewöhnlich nicht rund, ſondern viereckig iſt, an den Polen und an d Indifferenzzone mit angeſteckten Ringen von Kupfer verſehn ſein kann) durch ei Schwungrad in Kreisbewegung ſetzen und ſtarke federnde Kupferſtreifen d, d'' a den Polen und d' an der Indifferenzzone hinſtreifen laſſen. Da nun jeder Ma netpol in ſeiner Umgebung die entgegengeſetzte Polarität hervorruft, ſo begrei man, daß, während z. B. der Nordpol linksum ſich dreht und der feſtſtehen Leiter d'' in entgegengeſetzter Richtung von ihm abgezogen wird, die an dieſe Leiter d'' durch Vertheilung hervorgerufene Südpolarität als rechtsu gedreht zu betrachten iſt. In dieſem Sinne darf man ſich alſo nur unſer Symb Fig. 4 hineingelegt denken in den Magnet, und die Richtung vom Kopfe zu Fuße wird den Lauf des elektriſchen Stromes bezeichnen. — Wie kräftig die e einem um ſeine Axe gedrehten ſtarken Magnetſtab ausſtrömende Elektricität ſ findet man durch Vergleichung der Kraft eines ſolchen gedrehten Magnets m einem Voltaiſchen Zink-Kupfer-Elemente dargelegt im Journ. f. prakt. Ch Bd. II. (1834) S. 466 ff. Daſelbſt iſt auch die Rede von Combination ſol gedrehter Magnete nach dem Volta'iſchen Princip bei Conſtruction der Sä Und es zeigt ſich dabei, daß derſelbe Gegenſatz der Multiplicatoren ſich auch b geltend mache, auf welchen vorin in einer Anmerkung (zu l. 3) bei der Therm ſäule im Verhältniſſe zur einfachen Kette aufmerkſam gemacht wurde.

3) Es iſt unnöthig zu erinnern, daß, wie Fig. 13, ebenſo auch Fig. neben dem angegebenen elektromagnetiſchen zugleich das umgekehrte magnetoel triſche Phänomen ausſpricht. Nur wird man nicht unmittelbar den Verſ Fig. 9 umkehren wollen.

Aber man vergeſſe nicht, daß eben darum, weil das Bild Fig. 10 bloß d Weſentliche der Erſcheinung ausſpricht, überhaupt auf Flüſſigk durch die Schalen hingedeutet wird, und daß alſo der angezeigte Typus der B wegung offenbar auch paßt, wenn man den Verſuch mit Queckſilber ſtatt Waſſer anſtellt. In dieſer Art hat ihn wirklich ſchon Davy angeſtellt (ſ. Ph Transact. for 1823 P. II. überſ. im Journ. d. Ch. u. Phyſ. Bd. XL. S. 332 340). Und der Verſuch fällt glänzend aus, wenn man die von Davy gebrau Vorrichtung (eine unten an zwei Stellen durchbohrte Glasſchale, worein mit ihr Spitzen hervorragende Kupferdrähte gekittet ſind, welche Spitzen mit einer dünn Lage in die Schale gegoſſenen Queckſilbers bedeckt ſind) zwiſchen die Pole ei ſtarken Elektromagneten bringt. Es ſtehe die Schale auf dem Südpol, Nordpol über ihr, und ein ſtarker (durch Grove's Platinkette gewonnen

elektriſcher Strom werde ins Queckſilber geleitet, wodurch zugleich der Elektromagnet geladen werden kann. In dieſem Falle wird, ganz im Sinne des Bildes Fig. 10, über den *poſitiven* elektriſchen Draht das Queckſilber ſich *linksum* drehen, über den *negativen* *rechtsum*. Die große Lebhaftigkeit der Wirbeldrehung entfernt mitunter das Queckſilber vom Leitungsdrahte, ſo daß momentan die Kette unterbrochen wird und ein Funke überſchlägt. Indeß iſt die erſte ſtärkſte Wirkung der Kraft nur von kurzer Dauer, da die Kette bald geſchwächt wird bei der Schließung durch einen ſo guten Leiter wie das Queckſilber iſt. Man braucht aber nur kurze Zeit die Kette geöffnet zu laſſen und das Phänomen beginnt dann wieder, bei Schließung derſelben, mit erneuter Heftigkeit.

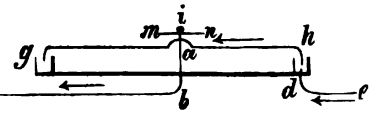
Davy ſagt nicht, in welcher Weiſe das Queckſilber ſich drehe, und eben dadurch (d. h. durch den Mangel einer die ſchnelle Auffaſſung ſo heftiger raſch vorübergehender Bewegungen erleichternden Symbolſprache, wie ſie unſer Bild Fig. 10 darbietet) hat er ſich verwirrt. Denn hätte er die Art der Drehung ſcharf aufgefaßt, ſo hätte er wahrgenommen, daß auch alsdann, *wenn er die Magnete ganz hinwegließ*, doch analoge, obwohl viel ſchwächere Bewegungen, wie über dem Südpol, erfolgten, und würde dann an die Einwirkung des *Erdmagnetismus* gedacht haben, während er ein neues elektromagnetiſches Phänomen, das an Ebbe und *Fluth* Aehnlichkeit habe, zu ſehn glaubte.

Will man die Drehung durch *Erdmagnetismus*, gemäß dem Typus des Bildes Fig. 10, ſehn: ſo iſt folgende Art zu experimentiren empfehlungswerth.

Denke man ſich ein mit Leiſten zur Seite und mit Stellſchrauben verſehenes Brett, worin zwei Ringe eingeſchnitten, jeder von 3 bis 4 Zoll im Halbmeſſer, welche durch eine zollbreite Rinne verbunden ſind. Im Mittelpunkte jedes Ringes ſei ein verſchieblicher ſtarker (wenigſtens eine Linie dicker) Kupferdraht angebracht, der unten angemeſſen zur Seite gebogen iſt, um in einen kleinen Queckſilbertrog mit dem Ende zu tauchen. Die Spitze jedes Kupferdrahtes ſei amalgamirt und trage eine leichte Kupfernadel, welche auf einem kleinen amalgamirten Hute von Kupfer ruht. Dieſe Kupfernadel muß unten umgebogen und mit Siegellack überzogen ſein, ſo daß bloß die Spitze hervorragt in der vorhin (Nr. II. 4) bezeichneten Weiſe. Dieſe amalgamirte Spitze allein ſoll ſo leiſe als möglich das in den Ring eingegoſſene vollkommen reine Queckſilber berühren. Eben darum iſt eine bequeme Vorrichtung zur Aequilibrirung dieſer Nadeln nöthig, welche darin beſteht, daß man hinten an jeder Nadel einen dünnen gut ausgeglühten Kupferdraht anbringt in kreisförmiger Biegung, woran zwei verſchiebliche kleine Kugeln von Kork oder Hollundermark angeſteckt ſind. Leicht iſt es dadurch, der ſchiefen Stellung der Nadeln entgegenzuwirken und es dahin zu bringen, daß ſie durch einen Hauch bewegt ihren Kreislauf im Queckſilber vollenden. Dazu iſt freilich im höchſten Grade reines Queckſilber nöthig. Bei deſſen Anwendung aber werden ſich die beiden Nadeln ſchon durch die Wirkung des *Erdmagnetismus* bewegen, und zwar, im Sinne unſeres Bildes, die poſitiv elektriſirte Nadel linksum, die negativ elektriſirte rechtsum ihren Kreis durchlaufen. Bei dem Elektricität erregenden Apparate ſind alle die Nebenrückſichten zu beachten, welche zur Sprache kamen vorhin (II. 1 am Schluſſe), wo eben von der gleichfalls hierher gehörigen Drehung eines elektriſirten Drahtes im Queckſilber unter dem Einfluſſe magnetiſcher Pole die Rede war.

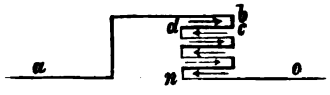
Wenn dieſer elektromagnetiſche Verſuch bei der Ausführung große Sorgfal erfordert, ſo iſt deſto leichter das ihm entſprechende magnetoelektriſche Phä nomen darzuſtellen. Man denke ſich ein Kugelſegment von Kupfer, welches ver mittelſt einer in der Mitte eingeſchlagenen amalgamirten Vertiefung (die einen Hu bildet) auf einem abgerundeten, oben bei a amalgamirten dicken Kupferſtabe ab ruht und ſich bei g und h in einem mit Queckſilber gefüllten Ringe dreht, welche die Zeichnung Fig. 14 im Durchſchnitte darſtellt. Ein gleich dicker Kupferſtab d ſtehe mit dem Queckſilber im Contacte, deſſen Herausſpritzen aus dem Ringe (d auf drei mit Stellſchrauben verſehenen Füßen ruht) bei dem Drehen des Kuge

(14)



ſegmentes durch den hohen Rand d Ringes und dadurch, daß man lieber g meines (amalgamirtes) als reines Que ſilber anwendet, verhütet wird. Wir ſet voraus, daß der Durchſchnitt gih d Kugelſegments etwa vierzehn Zoll b trage. Dann wird eine lebhafte Umdr hung deſſelben im Queckſilber linksum poſitive Elektricität (deren Strom dur die Pfeile bezeichnet) in dieſem Kugelſegment erregen, bloß unter dem Einflu des Erdmagnetismus, während eine Drehung rechtsum negative Elektricit oder eine der durch die Pfeile angedeuteten entgegengeſetzte Strömung hervorru Man ſieht, daß, wenn man unſer Bild Fig. 10 als ein magnetoelektriſches an faßt, dieſes eben dargelegte Experiment daraus ablesbar wird. In der That aber i dieſe Elektricitätserregung durch Erdmagnetismus nicht deutlich wahrnehmbar g machen durch einen gewöhnlichen aus Kupferdrahtwindungen gebildeten elektromag netiſchen Multiplicator. Vielmehr ſind an die breit gehämmerten Enden der zu ken Ableiter abc und de Kupferſchienen (die etwa 1 Zoll breit, 1 Linie dic und 3 Fuß lang ſind) bei c und e anzuſchrauben und dieſe mit einem gehörig we entfernten Schienenmultiplicator (l. 3. Anm.) in Verbindung zu bringe Selbſt wenn die Windungen einer ſolchen in Form einer doppelten Schl geſchlungenen Schiene von angegebenen Dimenſionen einen Abſtand haben v $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll, und eine gewöhnliche aſtatiſche Doppelnadel zwiſchen die zu unten verbundenen Schleifen der Kupferſchienen eingeſenkt wird, ſo iſt ein ſolch obwohl etwas roh ausſehender Schienenmultiplicator, an deſſen Enden die zulei tenden Kupferſchienen angeſchraubt werden, doch ganz geeignet, um dur einen Ausſchlag von 3 bis 5 Graden die Wirkung des Erdmagnetismus bei d Drehung jenes Kugelſementes auf die unzweideutigſte Weiſe darzuſtellen. — Ueb gens iſt auch ein kleiner Schienenmultiplicator in folgender Geſtalt empfehlen werth. Es werde eine Schiene von etwa $^1/_2$ Zoll Breite und $^1/_4$ Linie Di

(15)



ſchlangenförmig gebogen, wie es abcd... zeigt, ſo daß jede Biegung von der andern etwa $^1/_2$ Zoll weit abſteht, während die Läng cd etwas über 1 Zoll beträgt. Eine zwei ganz gleich gebogene Schiene werde danebe angereiht. Man ſieht, daß nun nach G fallen ſechs mit einander verbundene kleine, durch Pfeile bezeichnete, aſtatiſ geordnete Magnetnadeln bei dieſer einfachen Vorrichtung eingeſetzt werden können während dieſen nur etwa $^1/_2$ Zoll langen Magnetnadeln oben ein 2 bis 3 Zol

langer dünner Draht als Zeiger angereiht werden kann, welcher auf die Grade eines eingetheilten Kreiſes hindeutet. Unnöthig iſt es, zu erinnern, daß zur Abhaltung des Luftzuges eine gut anſchließende Glocke dergleichen (nothwendig auch mit Stellſchrauben verſehene) Apparate bedecken müſſe. — Wird das flache Kugelſegment linksum gedreht, ſo wird dieſer kleine Multiplicator einen poſitiven Ausſchlag von 3 bis 4 Graden geben; wird das Kugelſegment rechtsum gedreht, ſo wird der Strom gerade entgegengeſetzt fließen, als es hier in der Figur 14 bezeichnet iſt, d. h. das Kugelſegment iſt nun negativ elektriſch, und der durch bloßen Erdmagnetismus erhaltene Ausſchlag beträgt bei lebhafter Umdrehung (wozu der Stift an angebracht iſt) gewöhnlich 4 bis 5 Grad. Sehr ſtarke, 30 bis 60 Grad betragende, conſtante Abweichungen der Magnetnadeln entſtehn, wenn unter das Kugelſegment z. B. der Südpol eines Magnets gelegt wird, und dieſelben werden verſtärkt, wenn zugleich ein Nordpol darüber ſich befindet.

4) Wenn man übrigens nicht mit Erdmagnetismus, ſondern mit Stahlmagnetismus den Verſuch anſtellen will, ſo iſt es zweckmäßig, die Form des Experimentes in der Art abzuändern, daß man ſtatt eines großen Kugelſegments einen Cylinder wählt von etwa 1 Fuß Höhe und $^1/_2$ Fuß Durchmeſſer, weil man ſich dabei bequem eines ſtarken Hufeiſenmagnets bedienen kann, zwiſchen deſſen Polen der Cylinder gedreht wird. Wendet man einen Hufeiſenmagnet an, der etwa 30 bis 60 Pfund zu tragen vermag, ſo werden bei dem Gebrauche der oben beſchriebenen Multiplicatoren ſogleich Ausſchläge der aſtatiſchen Magnetnadel von wenigſtens 130 bis 150 Graden entſtehn, und die Nadel wird, während man lebhaft fortdreht, etwa bei 70 bis 90° zur Ruhe gelangen. Alle Multiplicatoren werden anzeigen, daß, während der Südpol innerhalb des Kupfercylinders ſich befindet, durch Drehung dieſes Kupfercylinders linksum poſitive und durch Drehung rechtsum negative Elektricität erregt werde, wie ſolches in unſerer Bilderſprache ausgeſprochen iſt (Fig. 10), und leicht auch abgeleitet werden kann aus der allgemeinen, alle elektromagnetiſchen und magnetoelektriſchen Phänomene umfaſſenden Formel Fig. 4.

5) Die Umdrehung eines Kupfercylinders um einen Magnetpol, wovon in der unmittelbar vorhergehenden Nummer die Rede war, iſt übrigens einer der berühmteſten magnetoelektriſchen Verſuche. Faraday ſtellte ihn zuerſt an als eine Umkehrung des Verſuches von Arago mit der ſich über einem Magnet drehenden Kupferſcheibe. Indem er oben am Cylinder, der um einen Magnetpol gedreht wurde, eine Stelle, und eine andere unten in der Nähe der Indifferenzzone des Magnets amalgamirte, konnte er, mit den amalgamirten Enddrähten des Multiplicators beide Stellen berührend, Elektricität ſammeln. In dieſer Art angeſtellt iſt der Verſuch, wie wir ſo eben ſahen, dem Typus des Bildes Fig. 10 gemäß. Als Faraday aber den Cylinder ſelbſt am Magnet befeſtigte und auch ſo bei der Drehung des Magnets zugleich mit dem Kupfercylinder Elektricität im Multiplicator erhielt, deſſen Enddrähte theils mit der polaren Zone, theils mit der Indifferenzzone in Verbindung waren, ſo experimentirte er offenbar dem Typus des Bildes Fig. 13 gemäß auf die vorhin Nr. III. 2 bezeichnete Weiſe. — Er kam dabei auf den Gedanken, daß dem Kupfercylinder der Stahl des Magnets ſelbſt (wenn dieſer um ſeine Axe gedreht werde) ſubſtituirt werden könne. Und da er nun wirklich bei der Umdrehung eines Magnets um ſeine Axe dieſelbe Elektricität erhielt, als ob

der Kupfercylinder um den Magnet wäre gedreht worden, ſo erklärt er dieſe ind
cirten Ströme aus einer Drehung des magnetiſchen Stahles um den in ihm rube
den Magnetismus, indem er beifügt: „offenbar zeigt ſich hier eine ſo
derbare Unabhängigkeit zwiſchen dem Magnetismus und de
Stabe, worin er befindlich iſt.“ Sehr künſtliche Verſuche, wo
tief in die Axe des Magnets eingebohrt wurde, reihten ſich an dieſe in
That myſtiſche Auffaſſung der Erſcheinung. Daß ſelbſt durch die Kühnh
ſolcher myſtiſcher Combinationen ſich Faraday als ausgezeichneter erfin
riſcher Geiſt bewährt, mögen wir gern zugeſtehen. Aber es heißt nicht
Verdienſt ehren, wenn man (mit Verſchmähung der allein zur Klarheit der
ſchauung führenden Bilderſprache, welche man nicht einmal zur Prüfu
gelangen laſſen will) bei jener erſten Auffaſſungsweiſe der Erſcheinung n
jetzt ſtehn bleibt, ja wenn man uns ſagt, gerade darin liege das Charakteriſti
der von Faraday entdeckten inducirten Elektricität und die große Wichtigkeit
Sache, „daß dieſe neue Sphäre voller Eigenthümlichkeiten und ohne Analo
mit andern Erſcheinungen ſei, und daß es gewiß nicht gelingen wer
(durch Ableitung jener neuen Entdeckung aus der Oerſted'iſchen, d. h. der M
netoelektricität aus dem Elektromagnetismus) dieſe neue Sphäre in das Reich
Bekannten zu bringen.“ (S. Repertorium der Phyſik von Dove u
Moſer Bd. I. S. 286.) *). — Um ſo bedeutungsvoller muß es nun ſchein

*) Widerlegt ſoll an der hier citirten Stelle der als ein metaphyſiſcher bezeichnete, im S
eines ſonſt allgemein geltenden auf Wirkung und Gegenwirkung ſich beziehenden Prin
ausgeſprochene Satz werden: „wenn Volta'iſche Elektricität unter gewiſſen Umſtä
Magnetismus erregt, ſo wird der Magnetismus unter gleichen Umſtänden auf den
zurückwirken und in ihm Volta'iſche Elektricität erzeugen.“ Und mit folgenden Wo
wird dieſer von Ritchie ausgeſprochene Satz widerlegt: „das ſcheint plauſibel zu ſein
man könnte meinen, daß, wie z. B. durch Streichen einer Stahlnadel gegen einen Leit
draht Magnetismus erzeugt wird, ebenſo werde durch Streichen einer ber
magnetiſchen Nadel an einem Drahte der letztere galvaniſch erregt w
den. Der Schluß aber wäre der großen Entdeckung Faraday's inſofern gefährlich,
er ihr alles Eigenthümliche und die daraus entſpringende Wichtigkeit raubte. Er iſt in
ſchen nicht richtig.“ — Jedoch unſere Fig. 1 zeigt, wie zu experimentiren ſei, um ſich
überzeugen von der Richtigkeit der Thatſache, worauf es hier ankommt. Und die f
lichen Argumentationen dagegen in jenem Repertorium (a. a. O.) geben bloß einen Be
wie wenig ſelbſt ausgezeichnete Phyſiker eine Begriff- und Sprach-Verwirrung da verm
können, wo nicht die Wortſprache, ſondern (wie in der Geometrie) nur eine Bilderſp
Klarheit der Anſchauung und des Gedankens hervorzubringen vermag. Da nun dieſe
derſchrift ſchon im Jahr 1826 als eine ſtreng wiſſenſchaftliche zur Sprache kam und
von Fechner im Jahr 1830 in ſeinem Lehrbuche des Elektromagnetiſ
benutzt wurde, als ein Mittel, (wie er ſich ausdrückt), die Auffaſſung und Darſtellung ver
dener elektromagnetiſcher Erſcheinungen zu erleichtern, dieſelbe aber 1836 in viel gr
Ausbildung (in einer beſondern Schrift: Einleit. in d. Mythol. auf d. Sta
punkte d. Naturwiſſenſch.) mit aller wiſſenſchaftlichen Strenge dargelegt wurde
hätte ſie allerdings in einem Repertorium der Phyſik, das im darauf folgenden
1837 erſchienen, nicht gänzlich ignorirt werden ſollen, während auch die neue Ausgabe
Gehler's phyſikaliſchem Wörterbuch die Sache durch Stillſchweigen tödten zu
nen glaubte, was bei ſtreng erwieſenen Wahrheiten doch ſo leicht nicht iſt, obwohl ſehr
ſequent auf Alles, was mit dieſer phyſikaliſchen Zeichenſprache auch nur ent
zuſammenhing oder in einer darauf ſich beziehenden Schrift vorkam, daſſelbe Ignor
ausgedehnt wurde. Aber der von den Aſtronomen gebrauchten mythologiſ
Zeichenſprache wird ein beſonderer Artikel gewidmet in demſelben phyſikaliſchen W
terbuche.

daß unſere Bilderſprache den elektromagnetiſchen und den entgegengeſetzten magneto-elektriſchen Satz jedesmal zugleich ausſpricht; und zwar, mit aller Schärfe des Ausdrucks, Verſuche, welche mit ganz verſchiedenen Apparaten anzuſtellen ſind, in einem und demſelben Bild uns vor Augen ſtellt. Man erkennt hier zugleich das Eigenthümliche einer ſymboliſchen Hieroglyphenſchrift, deren Charakteriſtiſches darin liegt, daß ſie etwas leiſtet, was der Wort- und Schriftſprache ſchlechterdings unmöglich iſt.

6) Wir haben vorhin (Nr. III. 2) geſehn, daß das Bild Fig. 13 neben dem elektromagnetiſchen (zum Schluſſe des Abſchnittes II. 5 wörtlich ausgedrückten) Satze auch folgenden magnetoelektriſchen andeutet: wenn man nach Entfernung des Elektricität erregenden Apparates die durch Elektricität bewirkte Drehung bei im Kreiſe geſchloſſenen Leitern mechaniſch nachahmt, wird die gleichnamige Elektricität hervorgerufen. Dieſer von Ritchie mit Beziehung auf alle ſich entſprechende elektromagnetiſche und magnetoelektriſche Phänomene bloß empiriſch ausgeſprochene Satz (ſ. Poggendorff's Annalen 1834. Bd. XXXI. S. 206) welchen wir, vermittelſt unſerer Bilderſprache rationell entwickeln konnten, — erregte ſogar in der Art Widerſpruch, daß man glaubte, zur Hervorrufung der gleichnamigen Elektricität ſei die entgegengeſetzte Drehung nothwendig, und im Geiſte der geheimnißvollen Inductionslehre ſollte in der vorhin angeführten Stelle des Repertoriums der Phyſik dieſer von Ritchie (wie man annehmen zu müſſen glaubte, nicht ſowohl empiriſch, als metaphyſiſch) ausgeſprochene Satz gänzlich widerlegt werden. — Strenger kann die entſtandene Sprachverwirrung nicht leicht durch ein dem allgemeinen geſunden Menſchenverſtande mehr einleuchtendes Beiſpiel

Was übrigens jenen allerdings von Ritchie wunderlich ausgeſprochenen, aber ebenſo unterlich geleugneten Verſuch anlangt, „durch Streichen einer Magnetnadel an einem Drahte elektriſche Ströme hervorzubringen," ſo heißt es ſelbſt in der neueſten dritten Ausgabe der höchſtachtbaren Bearbeitung von Pouillet's Lehrbuch von Müller Bd. II. S. 233: „wenn man ein ſehr empfindliches Galvanometer hat, iſt es gar nicht einmal nöthig, daß man einen ſo langen Draht auf eine Spule wickelt, um den durch einen Magnet inducirten Strom nachzuweiſen, ja man hat nicht einmal nöthig einen gewundenen Draht anzuwenden; man braucht nur die beiden Enden eines einfachen Drahtes mit den beiden Enden des Galvanometerdrahtes zu verbinden und dann dem Draht einen Magnet zu nähern und ſogleich wieder zu entfernen, dann wieder zu nähern und wieder zu entfernen ꝛc., wodurch die Nadel in hinlänglich merkliche Oscillation verſetzt wird." — Hätte man auch nur das ſchon im Journ. f. prakt. Chem. vom Jahr 1834 Bd. II. S. 467 zur Sprache gebrachte, und namentlich den dort angegebenen magnetoelektriſchen Multiplicator beachten wollen, ſo würde man den Verſuch ſo angeſtellt haben, wie er vorhin (I. 1. Fig. 1) beſchrieben, und wie er im Grund eine Analyſe iſt der Drehung eines Magnets um ſeine Axe (III. 2), oder der eben beſprochenen Drehung eines Cylinders um einen Magnet. — Der Fehler, den Ritchie, Moſer und Müller gemacht, bezieht ſich bloß auf die gebrauchten ungeeigneten Dimenſionen und auf Verkennung des Unterſchiedes zwiſchen empfindlichen magnetoelektriſchen und empfindlichen elektromagnetiſchen Multiplicatoren. — — Uebrigens findet man ſchon im Jahrb. d. Chem. u. Phyſ. 1823. Bd. XXXIX. S. 390 ähnliche, ſogar mit Multiplicatoren, in welche Magnetpole eingeſchoben wurden, angeſtellte Verſuche mitgetheilt, welche gleichfalls bloß dadurch mißlangen, weil die Dimenſionen der Leiter nicht richtig gewählt waren. Nach Faraday's Entdeckung konnten ganz dieſelben im Jahr 1823 beſchriebenen und damals bloß zufällig mißlungenen (aus dem Principe der Gegenſeitigkeit abgeleiteten) Verſuche, nur mit Leitern und Multiplicatoren von andern Dimenſionen angeſtellt, fortwährend zu Collegienverſuchen gemacht werden.

nachgewieſen werden. Denn man darf nur unſere Bilderſprache in die gewöhnliche vom Strom hergenommene überſetzen, ſo ſieht man bei der magnetoelektriſchen Auffaſſung des Bildes Fig. 13 ſogleich, daß der Ausdruck, es werde, wenn man den ſenkrechten Magnet in ſeiner natürlichen Lage (mit dem Nordpole nach unten, dem Südpole nach oben) linksum dreht, poſitive Elektricität an der polaren, negative an der Indifferenzzone erregt, gerade dem gleichbedeutend iſt, es werde der entgegengeſetzte Strom von demjenigen erregt, welcher bei dem elektromagnetiſchen Phänomen den Magnet linksum dreht. Denn bei dem elektromagnetiſchen Phänomen wird dieſelbe poſitive Elektricität an der polaren Seite eingeleitet, welche bei dem magnetoelektriſchen Phänomen an derſelben polaren Zone ausſtrömt. — Man ſieht zugleich, daß, während der elektriſche Strom den Magnet dreht, eben dadurch ein Kampf mit dem von ihm durch die Drehung des Magnets ſelbſt angeregten entgegengeſetzten magnetoelektriſchen Strom erregt wird. — Während wir nun ſchon vorhin (I. 3 II. 1 u. 2. b) von mehrern Seiten den Kampf mit dem Leiter kennen gelernt, ſo tritt durch die magnetoelektriſche Gegenwirkung gegen die elektromagnetiſche noch von einer neuen Seite die Bedeutſamkeit der Sache hervor. Zugleich ſieht man an dieſem neuen Beiſpiele, daß der Leitungswiderſtand nicht bloß als etwas Negatives (Hemmendes), ſondern als etwas poſitiv Entgegenwirkendes aufzufaſſen iſt.

7) Dieſe Gegenwirkung des Leiters*) führt uns noch in ein ganz neues Gebiet, nämlich zu der von Savary bei heftigen Batterieſchlägen wahrgenommenen anomalen Magnetiſirung. Was man Elektricität nennt, haben wir vorhin (II. 2. b.) ſelbſt aus dieſer Gegenwirkung gegen den Schwungmagnetismus abgeleitet und dem gemäß in der Bilderſprache bezeichnet

*) Um auf die Bedeutſamkeit dieſer Gegenwirkung, die man als Leitungswiderſtand zu bezeichnen pflegt, noch mehr die Aufmerkſamkeit hinzulenken, wollen wir daran erinnern, daß man ſich leicht bei der Thermoſäule aus Wismuth und Antimon, durch welche man einen elektriſchen Strom leitet, überzeugen kann, daß hierdurch auch in der Thermoſäule eine Ladung im Sinne Ritter's hervorgerufen wird. Hier kann niemand mehr an den Einfluß einer chemiſchen Wirkung denken. In praktiſcher Beziehung aber geht daraus hervor, daß man bei ſeinen Verſuchen die Leitung durch heterogene Metalle (alſo die Vermittelung der Leitung durch Queckſilber) ſo viel als möglich zu vermeiden habe. — Combinirt man mit dieſer thermomagnetiſchen Ladung (im Sinne Ritter's) eine andere Erſcheinung, wovon ſchon oben (I. 3 am Schluſſe) die Rede war, nämlich das Sprödewerden der Drähte, wodurch längere Zeit elektriſche Ströme gehn, ſo ſieht man vor Augen eine Erweiterung des Gebietes der Kryſtallelektricität, von welcher ohnehin, wie kaum zu verkennen, der Thermomagnetismus Seebeck's ſelbſt abhängen wird. Und hieran reiht ſich die zuerſt von Plücker gemachte und von Faraday neuerdings beſtätigte und erweiterte Entdeckung, daß der ſogenannte Diamagnetismus im Zuſammenhange ſtehe mit den Aren der Kryſtalle (namentlich auch den optiſchen Aren) wovon ſchon oben (I. 4 in einer am Ende angereihten Note) die Rede war. — Nun zeigen aber Seebeck's entoptiſche Farben, daß die Sprödigkeit mit Ausbildung kryſtalliniſcher Aren zuſammenhänge. Eine nothwendige Folge geht daraus hervor, daß, wenn anhaltende elektriſche Ströme in den Drähten, welche ſie durchlaufen, Sprödigkeit bewirken, die damit verbundene Ausbildung kryſtalliniſcher Aren wohl auf irgend eine Weiſe ſich durch magnetiſche Erſcheinungen zu erkennen geben werde. Und hierin wird die Veranlaſſung liegen jener merkwürdigen krampfhaften Zuckungen der Magnetnadel, wovon die Rede im Journ. f. prakt. Chemie von Erdmann u. Marchand Bd. XXXIV. S. 401 bis 408 und in der aus Grunert's Archiv der Mathem. u. Phyſik Th. IX. u. X. beſonders abgedruckten Abhandlung über das Elektron der Alten. S. 50 Note. — Hier aber iſt die Erinnerung an dieſen erſt in

Wenn man nun in derſelben Bilderſprache ausdrücken wollte, daß, um bleibenden Magnetismus durch dieſen Schwungmagnetismus im Stahl ꝛc. zu erregen, jene Gegenwirkung des Leiters möglichſt zu vermeiden ſei, ſo würden wir ein Bild zu zeichnen haben, wie das, wovon in der Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwiſſenſchaft S. 279 die Rede iſt. — Es ſoll hier bloß angedeutet werden, daß dieſe Bilderſprache, von welcher bisher bloß einige Proben gegeben wurden, weiter reicht, als man bisher anzunehmen geneigt war, und wir noch ſpäter bei anderer Veranlaſſung wieder Urſache haben werden auf ſie zurückzukommen.

IV. Anwendung der Bilder Fig. 10 und Fig. 13 zur Aufklärung eines verwickelten, alle Arten elektromagnetiſcher Drehungen vereint darſtellenden Phänomens.

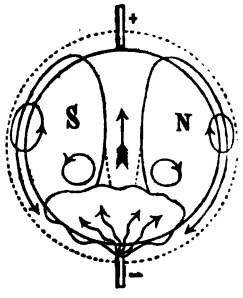
1) Hiſtoriſches. Bald nachdem Volta ſeine berühmte Säule conſtruirt, beobachtete der ebenſo ſinnige als kenntnißreiche Hauptmann, ſpäterhin General Hellwig folgende Erſcheinung, welche Erman im Jahr 1809 in einer intereſſanten Abhandlung über das gleichzeitige Entſtehen von mechaniſcher Cohärenz und chemiſcher Verwandtſchaft (in Gilbert's Annalen Bd. XXXII. S. 289) als eine ihm „vor vielen Jahren" gezeigte, zugleich damals mehreren Phyſikern als ein ſchwer zu löſendes Problem vorgelegt wurde," mit folgenden Worten beſchreibt. „Ein Queckſilbertropfen von 2 bis 3 Linien ſei mit einer geringen Maſſe Waſſer bedeckt und umgeben. Der negative Draht ſei irgendwo in dieſes Waſſer getaucht, der poſitive ebenfalls, aber ganz nahe am Queckſilbertropfen. Dieſer Tropfen verändert augenblicklich ſeine ſphäriſche Geſtalt und zieht ſich lang gegen den poſitiven Draht zu, bis er ihn berührt hat. Wenn dies geſchehn iſt, ſpringt der verlängert geweſene Theil ſchnell zurück und die Maſſe rundet ſich wieder ab; darauf dehnt ſie ſich wieder aus, aber in einer Richtung, die mit der vorigen einen rechten Winkel macht; auch nimmt ſie wieder die Kugelgeſtalt an, und darauf beginnt die Reihe dieſer Veränderungen in derſelben Ordnung aufs Neue. Die Schnelligkeit dieſer doppelten entgegengeſetzten Vibrationen iſt ſo groß, daß man ſehr viel Mühe hat, ſie deutlich wahrzunehmen; das Auge ſieht gewiſſermaßen nur einen flimmernden Stern, deſſen vier Strahlen die zwei ſenkrechten Axen der Ellipſoide ſind, in die das ſphäriſche Queckſilber mit continuirlicher Abwechſelung umgeſtaltet wird." — Zur Aufklärung dieſes merkwürdigen Phänomens mußte es zweckmäßig ſcheinen, mit größeren Flächen reinen Queckſilbers und mit Anwendung verſchiedener Flüſſigkeiten den Verſuch anzuſtellen. Dabei zeigten ſich nun auf der Oberfläche des mit einer dünnen Schicht von Flüſſigkeit übergoſſenen Queckſilbers merkwürdige „Strömungen" und „Strömungsfiguren" nach Erman's

---

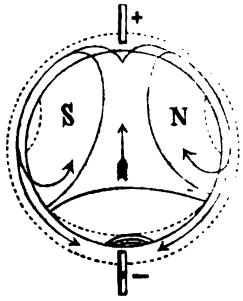
wickelung und Ausbildung begriffenen Kreis von magnetoelektriſchen Phänomenen darum an dieſer Stelle, um fühlbar zu machen, wie weſentlich für eine magnetoelektriſche Bilderſprache die Hervorhebung der Gegenwirkung des Leiters ſei, eben weil dieſe Gegenwirkung mit Erſcheinungen zuſammenhängt, die viel bedeutſamer ſind, als daß die gewöhnliche bloß negative Bezeichnung durch Leitungswiderſtand ausreichen könnte. Nicht Bedeutſames nämlich, die gewiſſermaßen von ſelbſt ſich verſtehn, vielmehr nur die am meiſten bedeutſamen und durchgreifenden Hauptbeziehungen ſind hervorzuheben in einer ſtrengwiſſenſchaftlichen phyſikaliſchen Bilderſprache.

Ausdruck, welche derſelbe in obiger Abhandlung durch drei Zeichnungen darſtell
Fig. 16, 17, 18, die ſich leicht von ſelbſt erklären, indem nämlich der inner
Ring die Queckſilberfläche, der äußere den Kri
der darüber gegoſſenen und ſie umgebenden Flüſſig
keit darſtellt, während Platindrähte als Polardräh
gebraucht wurden *). In Fig. 16 war das Quec
ſilber mit einer dünnen Schicht concentrirter Schw
felſäure (die mit Heftigkeit in geſchlängelten Str
men dem negativen Drahte gegenüber ſich zurückzog
in Fig. 17 mit einer geſättigten Auflöſung kohle
ſauren Kali's übergoſſen. Die Umkehrung der Str
mungen erfolgte im letzten Fall augenblicklich d
durch, daß der negative Polardraht ins Queckſil
eingetaucht wurde, wie die Zeichnung Fig. 18 ſi
ches darſtellt.

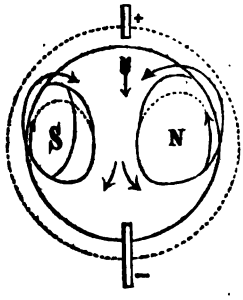
(16)



(17)



(18)



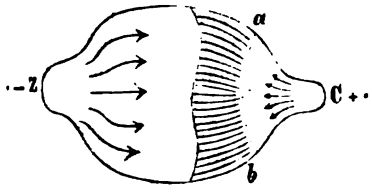
So intereſſant dieſe „galvaniſchen Fig
ren" ſind, wie Erman ſie nannte, ſo kamen
doch erſt im Jahr 1824 wieder zur Sprache,
Herſchel ſchrieb „über merkwürdige Bew
gungen flüſſiger Leiter durch Elektr
cität" (ſ. Jahrb. d. Chem. u. Phyſ. 182
Bd. XLIV. S. 177 bis 216). Auch hier iſt d
von Strömungen die Rede, welche entweder v
poſitiven Platinpolardraht oder vom negativen a
gehn. Allerdings konnte Herſchel nach Entdeck
des Elektromagnetismus „die große Analogie
den elektromagnetiſchen Drehungen" nicht verkenn
Er hebt ſie ausdrücklich hervor; aber ſtatt dieſe A
logie zu ſtudiren, ſprach er wie hingeriſſen durch
Zauber dieſer wundervollen Erſcheinungen es
Schlußreſultat aller ſeiner ſo mühſamen Forſchun
aus: „wir dürfen nicht in den magnetiſchen A
beln die Urſache dieſer Bewegungen ſuchen, ſon
in einer neuen und eigenthümlichen Wirkungsart
Elektricität, deren vollſtändigere Entwickelung
zahlreiche ſehr genaue Verſuche erfordern wird **)."
Als beſonders einflußreich dabei betrachtet er die
duction der Alkalimetalle. Denn er dehnt ſeine
ſuche vorzüglich auf Neutralſalze aus,
namentlich bezieht ſich die einzige Zeichn
welche er von ſeinen Beobachtungen mittheilt,

*) Es iſt nicht zu überſehen, daß Erman der freien Beweglichkeit ſeiner grö
Queckſilbermaſſen durch die Art, wie er ſie umſchloß, entgegenwirkte. „Man ſchütte (
er) in eine flache Schale von 4 bis 5 Zoll Durchmeſſer über reines Queckſilber eine mög
dünne Schicht irgend einer leitenden Flüſſigkeit." Der aufſteigende Rand der flachen S
hindert offenbar das Queckſilber an freier Veränderung ſeiner Geſtalt.

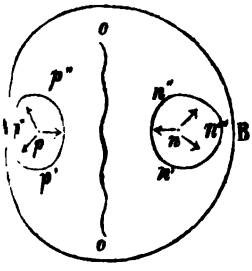
**) Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1826. Bd. XLVIII. S. 249. Der hier angeführte Ver
bei Theilung einer Schale durch ein ſehr dünnes Glimmerblättchen in zwei Fächer die

ſchwefelſaures Natron, worüber er Folgendes ſagt: „wenn eine Kugel von reinem Queckſilber, 400 bis 500 Gran ſchwer, in eine Auflöſung von ſchwefelſaurem Natron gebracht und der Kreis in der Flüſſigkeit geſchloſſen wurde, ohne einen Pol mit dem Queckſilber in Berührung zu bringen, ſo erzeugte ſich ein Strom von dem negativen Drahte. Wurde eine augenblickliche Berührung mit dieſem Drahte veranlaßt und der Kreis wie zuvor in der Flüſſigkeit geſchloſſen, ſo bildete ſich der Gegenſtrom von dem poſitiven Pole. In Folge deſſen nahm die Kugel die Figur Fig. 19 an, welche eine doppelte Verlängerung hat in Z, dem nächſten Punkte am negativen Pole, und eine ſpitzere in C zunächſt dem poſitiven Pole, mit einer Art von Wall in a b. Die in Z erzeugte Oxydlage wurde nämlich gegen C getrieben, aber ſie reichte niemals über den Gürtel a b, wo ſie in conſtanter Menge ſtehn blieb, indem ſie an dem Rande C ebenſo ſchnell abſorbirt, als am andern erzeugt wurde.“ — Es wird aufmerkſam gemacht auf Veränderung der Figur bei Fortſetzung des Verſuches. — Pfaff, der im Jahr 1826 im Journ. d. Chem. u. Phyſ. Bd. XLIII. S. 190 bis 246 eine Abhandlung über dieſe merkwürdigen galvaniſchen Figuren publicirte, bezeichnet dieſelben als abhängig von „galvaniſch elektriſchen Strömungen“, bemüht vorzüglich, den Einfluß verſchiedener chemiſch wirkender Flüſſigkeiten näher kennen zu lernen. — Nobili ſuchte im Jahr 1727 (ſ. Journ. d. Chem. u. Phyſ. 1828. Bd. LIV. S. 40 bis 65) die „galvaniſchen Figuren“ mit ſeinen „elektrochemiſchen Figuren“ in Verbindung zu bringen. Bei letztern war er gewohnt, den Platinpolardrähten eine recht genaue conſtante Stellung durch eine angemeſſene Vorrichtung zu geben. Dieſelbe wandte er an, um die Polardrähte in perpendiculärer Richtung über das mit Flüſſigkeit übergoſſene Queckſilber zu bringen. Fig. 20 und 21 zeigt die Art, wie er die Erſcheinung abbildet. In Fig. 20 taucht bei B der poſitive, bei A der negative Platin-

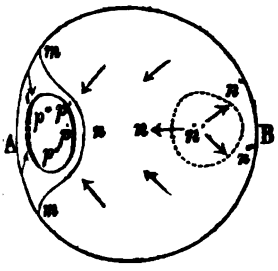
(19)



(20)



(21)



ungen in einem Fache durch die im andern zu ſtören, mußte natürlich ebenſo mißlingen, wie er frühere, durch künſtliche Magnete ſie zu ſtören. „Die Ströme (ſagt Herſchel mit Recht) ſind ſtärker im Verhältniſſe zu der angewandten elektriſchen Kraft, als die Bewegungen, welche durch die Wirkung der Magnete hervorgebracht werden.“ — Das genaue Studium der wenigſtens ſcheinbaren Analogie jener Drehungen mit den elektromagnetiſchen war aber, wie wir nachher ſehn werden, unmöglich ohne jene generellen Ausdrücke, wie unſere Bilderſprache ſie darbietet. Da hiervon alsbald die Rede ſein ſoll, ſo übergehn wir in dieſer hiſtoriſchen Darſtellung die ſchon im Jahrb. d. Chem. u. Phyſ. für 1826. Bd. XLVI. und XLVIII. darüber geſchriebene, von jener Bilderſprache ausgehende Abhandlung.

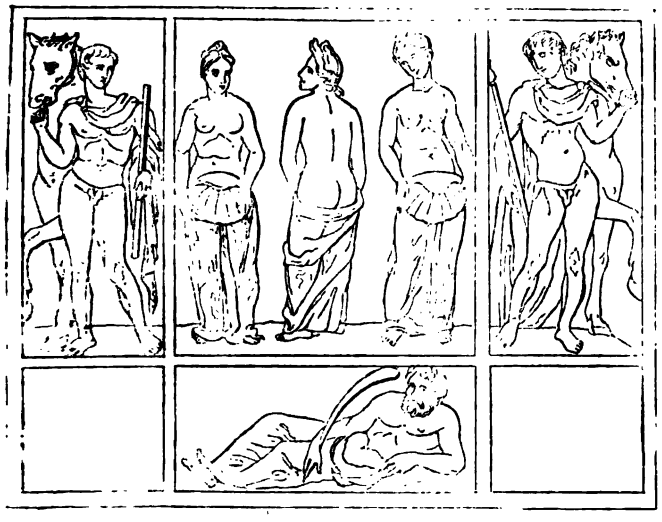
draht etwa zwei Linien tief (perpendiculär über dem noch unberührt gebliebenen Queckſilber) in die ſchwefelſaure Natronlöſung. In Fig. 21 aber war der negative Platindraht eben aus dem eine Minute lang negativ elektriſirten Queckſilber zurückgezogen worden. — Nobili macht bei ſeiner Zeichnung ſelbſt die Bemerkung: „die Bewegungen, welche die Löſung auf der Oberfläche des Queckſilbers annimmt, ſind bisweilen ſo reißend und unregelmäßig, daß ſie das Auge des Beobachters in Verwirrung bringen. Um ſich vom wahren Stande der Dinge zu überzeugen, darf man ſich nicht auf einen einzigen Verſuch beſchränken; er muß oft wiederholt und abgeändert werden.“ — Wirklich muß man ein ſehr guter Kenner des Phänomens ſein, um zu begreifen, wie von der ganz naturgetreuen Darſtellung Erman's ſo ſehr abweichende Zeichnungen entſtehn konnten, wie die von Herſchel gegebene und noch mehr die von Nobili iſt. — Etwas Abſchreckendes lag für diejenigen, welche dieſe Erſcheinung nicht zum ſpeciellen Studium gemacht, offenbar darin, daß nicht einmal Uebereinſtimmung war in der Abbildung des Phänomens. Für Pfaff, den genauen Kenner deſſelben, welcher den Gegenſatz in der Wirkung ſaurer und alkaliſcher Flüſſigkeiten nachzuweiſen ſuchte, war es beſonders eine unerklärliche Anomalie, daß Erman für Schwefelſäure und kohlenſaures Kali gleichartige Ströme abbilden ließ. Er würde aber Erman's Beobachtung beſtätigt gefunden haben, wenn er mit einer ſtärkern Säule gearbeitet hätte. — Indem nun bald zu ſchwache, bald zu ſtarke Kraft der Elektricität angewandt wurde, ſo wirkte auch dies mit zur Herbeiführung einer gänzlichen Verwirrung. — Ganz beachtungswerth iſt alſo die Geſchichte des „Hellwig'ſchen Problems“, wie Erman es nannte. Zu Anfang unſers Jahrhunderts wird es mehreren Phyſikern als ein ſchwer zu löſendes vorgelegt. Gegen Ende des erſten Decenniums war es noch intereſſanter geworden durch Erman's galvaniſche Figuren. Im dritten Decennium ruft der Elektromagnetismus zur Löſung des immer mehr ſich verwickelnden Problems auf. — Aber im vierten und fünften Decennium wird es zur Seite geſchoben, kommt in keinem Lehrbuche mehr zur Sprache, nicht einmal mehr genannt werden die wundervollen galvaniſchen Figuren neben den magnetiſchen und elektriſchen. Wir wollen nun zeigen, wie leicht ſie verſtanden, wie leicht die ganze ſo verwickelt gewordene Aufgabe zu löſen ſei vermittelſt unſerer Bilderſprache.

2) Auffaſſung der Zeichnungen Erman's Fig. 16, 17, 1 dem Typus des ſymboliſchen Bildes Fig. 10 gemäß.

Es wurde in dieſe Zeichnungen Erman's ſchon der Buchſtabe N und S ei geſchrieben zur Bezeichnung des elektromagnetiſchen Nordpols und Südpol wie er dem allgemeinen durch Fig. 2 und 4 dargeſtellten elektromagnetiſchen Typ gemäß auf der Oberfläche des Queckſilbers ſich bilden muß. In derſelb Abhandlung über Elektromagnetismus (Jahrb. d. Chem. u. Phyſ. 182 Bd. XLVI. und XLVIII.), worin dieſe Bilderſprache zuerſt mitgetheilt wurde, (Bd. XLVIII. S. 326) dieſe hier bezeichnete Vertheilung des Magnetismus auf Oberfläche des Queckſilbers auch unmittelbar durch die Abweichung einer ſo n als möglich gebrachten Magnetnadel nachgewieſen worden. — Betrachten wir n Fig. 18. ſo wiſſen wir, da hier der negative Polardraht das Queckſilber berü daß ſowohl dieſes Queckſilber, als die über ihm befindliche Flüſſigkeit nega elektriſch ſein müſſe. Demnach wird ſich über dem elektromagnetiſchen Südpo

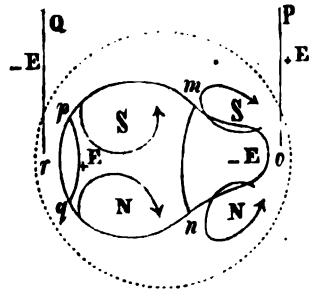
das negativ elektriſirte Waſſer rechtsum bewegen, dem Typus unſerer Fig. 10 gemäß, woraus zugleich folgt, daß daſſelbe negativ elektriſche Waſſer ſich linksum über dem elektromagnetiſchen Nordpol N bewegen müſſe. Und dies iſt es, was die Zeichnung Erman's Fig. 18 ausdrückt. — Leicht werden nun auch Fig. 16 und 17 zu deuten ſein. Hier wird das Queckſilber von keinem der Polardrähte berührt. Unter dieſen Umſtänden ſollte ſich den bekannten elektrochemiſchen Geſetzen gemäß das Queckſilber in zwei Zonen theilen. Wird aber mit ſtarker Schwefelſäure (worauf Fig. 16 ſich bezieht) das Queckſilber übergoſſen, ſo wird die negative Zone, welche dem poſitiven Polardrahte gegenüber ſich bilden ſollte, gar nicht zu Stande kommen, unterdrückt durch die Gegenwirkung der ſtarken Säure. Das Queckſilber und die darüber ausgegoſſene Schwefelſäure iſt alſo in Fig. 16 poſitiv elektriſch. Gemäß dem Typus der Fig. 10 dreht über dem Südpol S

(10)



die poſitiv elektriſirte Flüſſigkeit linksum; über dem Nordpol N ſo notwendig rechtsum. Und dies iſt es, was Erman wirklich beobachtet und in Fig. 16 gezeichnet hat. — Bei Anwendung von Neutralſalzen und angemeſſener Stärke des elektriſchen Stromes werden aber wirklich die beiden Zonen (die poſitive dem negativen, die negative dem poſitiven Polardrahte gegenüber) ſich ausbilden, und eben darum ſind ſchon in der vorhin angeführten Abhandlung (Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1826. Bd. XLVIII. S. 351) vier elektromagnetiſche Wirbel als der Typus der vollkommen ausgebildeten Erſcheinung gezeichnet, während umſtändlich die Gründe entwickelt wurden, welche ſo häufig das Gleichgewicht der beiden Zonen ſtören und das einſeitige Auftreten der einen oder andern herbeiführen. — In einer Nachſchrift aber zu Nobili's Abhandlung (Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1828. Bd. LIV. S. 67) iſt jene vollkommen ausgebildete Erſcheinung durch Fig. 22 dargeſtellt, welcher Zeichnung folgende Er-

(22)



klärung beigefügt iſt, „die punktirte Linie bezei
net die Grenze der in ganz dünner Lage a
gegoſſenen Flüſſigkeit (hier kohlenſaur
Kali's), worein die Polardrähte P und Q t
chen, ohne das Queckſilber zu berühren, welc
bei Eintauchung derſelben die Geſtalt omprq
annimmt. Elektromagnetiſchen Geſetzen ge
iſt NN die nordmagnetiſche, SS die ſü
magnetiſche Hälfte der elektriſirten Qu
ſilberfläche, wenn der Strom von P nach Q g
Das Queckſilber aber muß ſich elektrochemiſ
Geſetzen gemäß in zwei Zonen theilen, von de
die eine mnqrpm die poſitive iſt, welche gewöhnlich die größere Ausdehn
hat, während mnom die negative Zone darſtellt" *). — Bei Erma
Verſuchen, welcher ſtarke elektriſche Ströme und „eine geſättigte Auflöſung von k
lenſaurem Kali" anwandte, wurde die Ausdehnung der poſitiven Zone im Qu
ſilber ſo groß, daß die negative dagegen ganz verſchwand. Daher ſind es al
die elektromagnetiſchen Drehungen auf dieſer poſitiven Zone, welche er abbil
Pfaff aber, der mit einer ſchwachen Säule arbeitete, konnte bei Anwend
„gemeiner Kalilauge (ein Theil Kalihydrat in drei Theilen Waſſer)", wie er
ausdrückt, „in der Flüſſigkeit keine Spur von Strömung bemerken", wenn er
Queckſilber nicht zuvor bei geſchloſſener Kette mit dem negativen Polardraht
Berührung gebracht hatte. Dann aber bleibt auch nach der Zurückziehung
negativen Polardrahtes aus dem Queckſilber die negative Ladung deſſelben in
Grade vorherrſchend, daß die poſitive Zone verſchwindet und die negative ſich
die ganze Queckſilberfläche ausdehnt. Daher mußte Pfaff gerade die entg
geſetzten elektromagnetiſchen Drehungen ſehn als Erman. — So überaus l
erklärt ſich der Widerſpruch dieſer beiden ausgezeichneten Beobachter. — Was
Herſchel die Gegenſtröme nennt, deutet auf die ſo eben bezeichneten vier el
magnetiſchen Wirbel hin, die er mitunter ſah. Ebenſo merkt man aus der Z
nung Nobili's, daß er ſie geſehn. — Und vergleicht man nun das ausgebi
Syſtem dieſer vier Wirbel mit unſerm Symbole Fig. 10, ſo ſtellt die Zeich
der Flüſſigkeitsdrehung Fig. 22 über dem Südpol (nämlich der poſitiv el
ſchen linksum, der negativ elektriſchen rechtsum) genau daſſelbe dar, was die
liche Darſtellung jener ſymboliſchen Hieroglyphe ausſpricht.

3) Erklärung der in Fig. 19 und 22 angedeuteten Un
ſtaltung des Queckſilbers durch das ſymboliſche Bild Fig. 13

Die urſprüngliche Beobachtung Hellwig's zeigt, wie bedeutſam die Q
ſilberbewegungen für dieſes ganze Phänomen ſind. Herſchel war geneigt,
Bewegung des Queckſilbers als das Weſentliche bei der ganzen Erſcheinu

*) Die angedeutete Oxydanhäufung um pqr iſt, ebenſo wie die Zonengrenz
theils veränderlich, theils mehr oder weniger in die Augen fallend. In Abhängigk
dieſer Zonengrenze halten ſich die Wirbel in der kohlenſauren Kalilöſung an der
Zone mehr oder weniger zur Seite, während im erſten Falle die Flüſſigkeit (wenn
zu viel aufgegoſſen wurde) zurückweicht von der rein glänzend hervortretenden Queck
oberfläche.

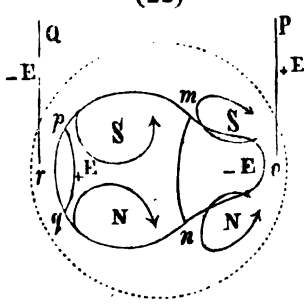
betrachten, woran die der Flüſſigkeit ſich als etwas Secundäres anſchließe. Auch *Nobili* ſagt (mit Beziehung auf ſeine Fig. 20): „in der Mitte o o nimmt man auf dem Queckſilber eine oder zwei Linien wahr, wo ſeine Oberfläche bewegt erſcheint, wie durch das Zuſammentreffen zweier entgegengeſetzter Ströme. Dieſer Umſtand in Verbindung mit andern Thatſachen, welche Herſchel in ſeiner Abhandlung beibringt, beweiſt augenſcheinlich, daß die Bewegung auf der Oberfläche des Queckſilbers ihren Sitz habe. Die darüber ſtehende Flüſſigkeit verhält ſich durchaus leidend und folgt nur der den Queckſilbertheilchen aufgedrängten Bewegung.“ — Pfaff, der ebenſo wie früher Erman ſich überzeugte, daß die Flüſſigkeit ſich nicht bloß leidend verhalte, ſondern eigenthümliche Bewegung zeige, hebt doch hervor, daß ſich dieſe Bewegungen nicht auf feſten, wenn auch noch ſo glatten Metallflächen darſtellen laſſen, und ſchließt daher ſeine Abhandlung mit den Worten: „die Art der Mitwirkung des flüſſigen Zuſtandes des Metalls iſt ein Punkt, den fernere Forſchungen aufzuklären haben.“ —

Ein Blick auf unſer Symbol Fig. 13 iſt hinreichend dieſen Punkt aufzuklären. Denn die Idee des ſich drehenden Magnets iſt in unſerer ſich bloß auf Herausbebung des Weſentlichen beſchränkenden Bilderſprache ſo allgemein bezeichnet, daß man in Fig. 13 auch recht gut an einen flüſſigen Magnet, und zwar einen Queckſilbermagnet denken kann, wie er ſich nothwendig bilden muß bei den Verhältniſſen, wovon hier die Rede iſt. Denn elektromagnetiſchen Geſetzen gemäß ſtehn die Polen auf der Oberfläche des Queckſilbers, wie ſie in Fig. 22 bezeichnet ſind, die gleichnamigen Pole auf der untern Fläche des Queckſilbers entgegen. Hierdurch ſtellen ſich alſo offenbar zwei Queckſilbermagnete, welche unter denſelben Bedingungen wie Stahlmagnete um ihre Axe ſich drehen werden. Und dabei können die Queckſilbermagnete nach Umſtänden ſich theilen, ſo daß vier werden aus den zwei; und wenn der untere Pol eines ſolchen Queckſilbermagnets durch Reibung am Gefäße gehindert wäre ſich zu drehen, ſo kann offenbar der obere Pol ſich allein um ſeine Axe drehen, eben weil von einem flüſſigen Magnet die Rede. Betrachten wir in dieſem Sinne in Fig. 22 die poſitive Zone mprqnm, und wir werden

(13)

finden, daß die Bedingungen zur Axendrehung linksum, wie ſie unſer Symbol Fig. 13 darſtellt, bei dem Magnete gegeben ſind, deſſen Südpol emporgerichtet iſt. Denn aus der aufgegoſſenen Flüſſigkeit ſtrömt poſitive Elektricität in dieſen Südpol ein und negative Elektricität kommt ihr in der Indifferenzzone vom Polardrahte Q entgegen. Unter derſelben Bedingung muß

(22)



alſo in dieſer poſitiven Zone der Magnet, deſſ
Südpol abwärts gekehrt und deſſen Nordp
emporgerichtet iſt, ſich rechts um drehen. Da
Umgekehrte gilt offenbar von der negative
Zone. Es treffen alſo die Axendrehungen d
Queckſilbermagnete mit den geſetzlichen Dreh
gen der Flüſſigkeit über den Polen dieſer Queckſ
bermagnete zuſammen. Und dies iſt ein Haup
punkt, worauf es hier ankommt. Denn wir ſeh
nun ſogleich, warum wir nicht berechtigt ſind
erwarten, daß auf einer auch noch ſo glatten feſ
Metallfläche (ſelbſt wenn eine an Glätte der vo
kommen reinen Queckſilberfläche gleichkommen könnte) dieſelben Drehungen der Flü
ſigkeit entſtehn ſollen, die hier in ſo hohem Grade begünſtigt werden durch die gle
namigen Drehungen der Queckſilbermagnete. Zugleich begreifen wir, warum du
die Drehungen dieſer Queckſilbermagnete ſich die Geſtalt des Queckſilbers ändern mü
In der poſitiven Zone führt die Neigung der Elemente zur Oxydation eine ſch
rere Beweglichkeit der Theile herbei, wovon man ſich leicht überzeugen kann, w
man in das Queckſilber den poſitiven Polardraht eintaucht, wodurch es ganz ſe
Leichtflüſſigkeit verliert, ſchwerfällig in ganzer Maſſe, wie zäh geworden, ſich be
gend. Unter ſolchen Umſtänden (d. h. überhaupt bei Verminderung der Bew
lichkeit der einzelnen Queckſilbertheile) wird alſo die Drehung der Queckſil
magnete in der poſitiven Zone nothwendig eine Ausdehnung der ganzen Maſſ
die Breite bewirken, wie Fig. 22 ſie zeigt, während dieſelbe Drehung in der n
tiven Zone einen Theil des hier ſo leicht beweglichen Queckſilbers vorwärts ſch
Man begreift übrigens, daß, wenn ſich die negative Zone des Queckſilbers so w
vorgegoſſen hat, um den poſitiven Polardraht zu berühren, die ganze Maſſe au
blicklich poſitiv geladen wird (im Sinne Ritter's den Ausdruck Ladung genom
men), folglich die negative Zone verſchwindet und im Sinne der poſitiven die A
dehnung erfolgt, wie Fig. 22 ſie darſtellt, d. h. perpendicular zur Richtung
welcher ſich die negative Zone unmittelbar zuvor gegen den + E Draht bew
Dieſer poſitive Ladungszuſtand, herbeigeführt durch bloß augenblickliche Ber
rung des poſitiven Pols, iſt aber nur von ganz kurzer Dauer. Die nega
Zone tritt aufs Neue hervor, womit neue Hinbewegung zum poſitiven Pol
verbunden. — Ganz verſtändlich wird alſo nun die Entſtehung des zuerſt
Hellwig beobachteten Phänomens *).

*) Man ſieht, wie vollſtändig die beiden Symbole Fig. 10 und Fig. 13 die unge
verwickelte Erſcheinung erklären. Dies war ſchon im Jahr 1836 gezeigt in der Mythol
auf dem Standpunkte der Naturwiſſenſchaft S. 281, wo ein einziges Blat
Aufklärung von Phänomenen genügte, die dunkel geblieben waren nach ſo vielen und la
Abhandlungen darüber. Eben in der Kürze und Schärfe des Ausdruckes liegt der Vorzug
Bilderſprache vor der Schriftſprache. Dies ſollte dort gezeigt werden an einem Beiſpiel
Aber die Phyſiker wollten lieber das wundervollſte und ſchönſte, alle Arten elektromagneti
Drehungen in geſetzlicher Vereinigung darſtellende Phänomen aus allen Lehrbüchern
bannen und in Vergeſſenheit bringen, als ſich entſchließen, über die ſo wenig brauchbare
ſeine Ampère'ſche Figur hinaus zu gehen und einer ſchon im Jahrb. d. Ch. u. Ph.
1826 umſtändlich dargelegten elektromagnetiſchen Bilderſprache einige Aufmerkſamkeit zu ſ
ken. Nicht einmal zur Prüfung ſollte ſie gelangen; ſo ſehr ſchien ſie heterodox. — Alſo

Zugleich ſieht man, wie nichtig der Einwurf iſt, das Phänomen könne nicht elektromagnetiſch ſein, weil Stahlmagnete außen hingehalten ohne Einfluß darauf ind. Man müßte, da es ſich von vier mit entgegengeſetzten Polen drehenden Queckſilbermagneten handelt, um einen vollkommenen Gegenſatz zu haben, wenigens zwei entgegengeſetzte Pole der Stahlmagnete anwenden, welche in ſo großer Nähe ſich ſtören und ſchwächen müßten, während bei den immer neu aufblitzenden Queckſilbermagneten ſolches nicht der Fall iſt. Den ſich drehenden Wirbeln der Flüſſigkeit aber ſind dieſe Queckſilbermagnete unendlich näher, als Stahlmagnete ebracht werden können, da ſie dieſe Flüſſigkeit unmittelbar berühren, während ſie ußerdem das vor den Stahlmagneten voraus haben, daß ſie durch ihre Drehung ie gleichnamige Drehung der Flüſſigkeit befördern.

4) Experimentale Bemerkungen.

a) Man verſäume nicht, um die elektromagnetiſchen Drehungen der Flüſſigkeit ht augenfällig darzuſtellen, von einem Stückchen Schwefel (oder Kohle) feines ulver abzuſchaben auf die z. B. (wie in Fig. 22) mit gemeiner kohlenſaurer Kaliöſung dünn übergoſſene reine Queckſilberfläche. Je zarter das aufgeſchabte Schwefelpulver iſt, deſto günſtiger iſt es für die Beobachtung. Man überzeugt ſich ſogleich, daß die ſo dünn als möglich aufgegoſſene Flüſſigkeit ſich ſelbſtſtändig bewegt. – Was das Queckſilber aber anlangt, ſo empfiehlt ſchon Herſchel „ein friſch ſublimirtes und durch Waſchen mit verdünnter Salpeterſäure gereinigtes Queckſilber anzuwenden.“ — Wenigſtens die letztere Vorſicht iſt zu empfehlen, ſelbſt wenn man ie Reinheit des Queckſilbers ganz ſicher zu ſein glaubt.

b) Sehr viel kommt auch an auf genaue Stellung der Platinpolardrähte im Verhältniſſe zur Queckſilberfläche. Herſchel, welcher mechaniſche Geſichtspunkte ie vor Augen hatte und daher auf Reibung des Queckſilbers an der Schale Geicht legte, wandte eine Abrauchſchale von Wedgwood an. Um von allen Seiten beobachten zu können, iſt ein kugelförmig gebogenes größeres Uhrglas zu empfehlen, eil in flacher Schale die Beweglichkeit des reinen Queckſilbers ſtörend werden nn, wenn man nicht wie Erman die ganze Fläche übergießen, ſondern mit einer einen Queckſilbermaſſe (von etwa 1—2 Zoll Durchmeſſer) ſich begnügen will. – Um die Platindrähte beliebig dem Queckſilber zu nähern oder von demſelben zu entfernen und ſie feſtzuhalten in genau beſtimmter Lage, iſt eine beſondere Vorichtung angegeben im Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1826. Bd. XLVIII. S. 339. — enn das Uhrglas auf dem Ringe eines gewöhnlichen chemiſchen Stativs ſteht, ſo an man zwei andere Stative daneben ſtellen mit Korken in den Ringen. In ieſen Korken ſind die Platindrähte, durch welche der elektriſche Strom geleitet rden ſoll, befeſtigt und zwar in einer Vertiefung, worein einige Tropfen Queckber gegoſſen werden. Wenn die Drähte gehörig geſtellt ſind, dann erſt wird

ein in der Theologie neuerer Zeit, ſondern auch in andern Wiſſenſchaften zeigt ſich eine wiſſenſchaftliche Anhänglichkeit an das Geltende bloß darum, weil es gilt, welche man dreiſt rung iſt, Orthodoxie zu nennen. Auf welche Weiſe ſich auch in der Phyſik dieſe Orthodoxie kend zu machen verſteht und welche Mittel dabei zu gebrauchen ſie nicht verſchmäht, davon ie einige Thatſachen angeführt in der Denkſchrift zur Säcularfeier der Univerſität Erlangen (Halle, bei Anton 1843) S. 41, Note, ſowie im Journ. für prakt. hemie 1845 (Bd. XXXIV. S. 413 f.) und in der aus Grunert's Archiv für Mathematik und Naturwiſſenſchaft. Th: IX. u X. beſonders abgedruckten Abhandlung über das Elektron der Alten S. 2, 13 u. 46, womit die Vorrede S. IX zu vergleichen.

durch jene in die beiden Korke eingebrachten Queckſilbertropfen die Kette geſchloſſen — Bei angemeſſener Stärke des elektriſchen Stromes werden dann die vier Wir beldrehungen, wie ſie in Fig. 22 gezeichnet, ſogleich beginnen, wenn das zuvor m Salpeterſäure gereinigte und im Uhrglaſe mit kohlenſaurer Kalilöſung dünn übe goſſene Queckſilber noch ganz unberührt geblieben iſt von irgend einem der bla in die Flüſſigkeit tauchenden Platinpolardrähte.

c) Alles aber kommt darauf an, daß man die Stärke des elektriſchen Strom ganz in ſeiner Gewalt habe. Und dazu iſt kein Apparat bequemer als der größe elektromagnetiſche Drehungsapparat mit drei magnetiſchen Magazinen von Stöhre Man wird zwei, ja alle drei magnetiſche Magazine mit den Ankern ſchließen, au langſamer drehen müſſen, um das vollkommen ausgebildete Phänomen der vi elektromagnetiſchen Wirbel zu ſehen. Denn wenn dieſer Apparat in voller Kra wirkt, ſo kann er ganze Maſſen Queckſilber in jene lebhafte Zuckung bringen, wel v. Hellwig bei einzelnen Tropfen beobachtete. Am beſten iſt es daher mit d ſchwächſten Kraft zu beginnen, wobei man bloß die vier Wirbel in der Flüſſigk ſieht, ohne daß die Geſtalt des Queckſilbers ſich noch merklich abändert; dann ne und nach einen, zwei, endlich alle drei Anker zu entfernen, um ſich dur die Geſtaltabänderung des Queckſilbers zu überzeugen, daß auch zur lebhaften Di hung der hier auftretenden vier Queckſilbermagnete ein ſtärkerer elekt ſcher Strom erforderlich ſei, wie wir dies bei dem Stahlmagnete (ſ. Fig. 1 ſchon hervorgehoben haben.

d) Berührt der negative Platindraht das Queckſilber, dann müſſen ſich natü lich die für die negative Zone in Fig. 22 gezeichneten Wirbel über die gan Queckſilberfläche verbreiten, wie Erman in Fig. 18 die Erſcheinung darſtel Selbſt wenn man den negativen Polardraht aus dem Queckſilber zurückzieht, blei daſſelbe noch geladen im Sinne Ritter's, wozu auch die Amalgamation m Kalimetall kommen mag, worauf Herſchel vorzugsweiſe Gewicht legt. Es wer den daher die Wirbel der negativen Zone noch fortwährend ſich über die gan Queckſilberfläche ausdehnen und erſt ſpäterhin wird die poſitive Zone wieder zu Vorſchein kommen mit den ihr eigenthümlichen Drehungen. Will man das ernen Auftreten der poſitiven Zone beſchleunigen, ſo tauche man auf einige Augenblic bei geſchloſſener Kette einſeitig den poſitiven Polardraht ins Queckſilber. In die Art kann man gleichſam durch gegenſeitige Abſtimmung die beiden Zonen i Gleichgewicht ſetzen, um das vollkommen ausgebildete Phänomen der vier elektr magnetiſchen Wirbel ſo ſchön zu ſehen, als man es wünſcht.

e) Wird das Queckſilber eine Zeit lang negativ elektriſirt (durch Eintauchu des negativen Polardrahtes), ſo ſtellt das ſchönſte aller Ladungsphänomene ſich ei Hört man nämlich auf, die elektromagnetiſche Maſchine zu drehen, läßt aber d Kette geſchloſſen oder ſchließt ſie aufs Neue durch den Contact der Silberſchnure welche an den Polen angebracht, ſo entſteht augenblicklich die entgegengeſetzte Wir beldrehung, die eine Zeit lang fortdauert. Und dieſe entgegengeſetzte Wirbe drehung kann ſogar (nach einmal gehörig ſtark gewordener Ladung des Queckſilbe oder unter dem Einfluſſe einer vorhergegangenen Amalgamirung mit Kalimetal bedeutend länger fortdauern als die urſprüngliche, durch welche man bei kurz Drehung der elektromagnetiſchen Maſchine ſie aufs Neue hervorrufen kann. D negative Polardraht und noch mehr das negativ elektriſirte Queckſilber ſpielt hi offenbar, in Ritter's Sinne geladen, die Rolle des unedleren Metalls im Be

ältniß zu dem durch poſitive Elektriſirung zum Rang eines noch edleren Metalls rhobenen Platindrahtes *). Aber Beachtung verdient es, daß dieſe Ladung wenn jene von ihr abhängigen entgegengeſetzten Drehungen aufgehört) um ſo leich- er und ſchneller wieder hervorzurufen, nachdem ſie einmal in gehöriger Stärke ingetreten war.

f) Denjenigen, welche die beſchriebenen ſchönen Erſcheinungen ſtudiren wollen, hne im Beſitz des elektromagnetiſchen Drehungsapparats von Stöhrer zu ſein, iſt i empfehlen, daß ſie der elektrochemiſchen Ladung zur Verſtärkung ihrer Volta'- ben Säule ſich bedienen mögen. Es genügen zehn Glieder einer Säule aus nden zuſammengelötheten Zink- und Kupfer-Platten von 5—6 Zoll im Durch- eſſer, mit zwiſchengelegten in mäßig ſchwefelſaurem Waſſer getränkten Pappen. ur werde die Zinkoberfläche Tages zuvor, ehe man die Säule gebrauchen will, it Aetzkalilauge benetzt, welche darauf eintrocknen mag; aber unmittelbar vor dem ufbau der Säule ſtreiche man mit einer in ſtarkes Scheidewaſſer getauchten Feder er die Kupferfläche hin, welche dadurch zugleich metalliſch glänzend und elektriſch laden wird. Ueberſtreichung mit einem Gemiſch aus rauchender Salpeterſäure nd Schwefelſäure könnte noch kräftiger ſein zur Bewirkung dieſer elektriſchen La- ung des Kupfers, d. h. zur Erhebung des Kupfers in den Rang eines viel edleren letalls, während Zink durch Contact mit Aetzkali den Rang eines noch unedleren letalls erhielt. Aus demſelben auf Ladung (im Sinne Ritter's) ſich bezie- enden Geſichtspunkte iſt der Gebrauch der Salpeterſäure bei Grove's Platin- atterie, ſowie bei Bunſen's Kohlenbatterie zu betrachten.

I. Schlußbemerkungen über die mitgetheilten Proben einer ſtreng naturwiſſen- ſchaftlichen Bilderſprache (ſymboliſchen Hieroglyphe).

1) Während die zeichnende und bildende Kunſt, ſoweit ſie mit Naturgegen- anden ſich beſchäftigt, bisher bloß auf Landſchaften oder naturhiſtoriſche Gegen- ände beſchränkt war, ſo bietet ſich ihr durch die bisher beſprochene naturwiſſen- chaftliche Bilderſprache ein neues ideelles Gebiet dar, worin keine für wahre Kunſt gefährliche ſchwankende Allegorie ſich geltend machen kann. — Es gehört aber ch zum Charakter dieſer phyſikaliſchen Zeichenſprache, Andeutung zu geben der xperimentellen Forſchung, um auf neue Gebiete ſie hinzuleiten. Und da es hier- i auf ſinnige Combinationen ankommt, ſo ſieht man, daß an dieſe ſtreng natur- iſſenſchaftliche Bilderwelt ſich ganz verſtändig eine neue anreihen läßt, worin ſelbſt r Phantaſie angemeſſener Spielraum ſich eröffnet. Wir verweiſen auf ſpätere lauterungen durch Beiſpiele, wozu die Artikel circulare Lichtpolariſa- ion, Thermomagnetismus und Sonne Gelegenheit geben.

*) Man wird ſich übrigens leicht denken, daß ſtark negativ elektriſirtes Queck- lber, welches die Rolle des unedleren Metalls (des Zinks in Volta's Kette) ſpielt, auch gen den negativen Platindraht, mit welchem es im Contacte iſt, dieſelbe Rolle ſpielen nne. Dann kommen alſo entgegengeſetzte elektriſche Ströme in Betracht; und es werden türlich, ſobald der poſitive Polardraht außer Wirkung geſetzt (durch Oeffnung der Kette der Ausbebung aus der Flüſſigkeit), die den oben erwähnten ſecundären entgegengeſetzten, alſo m primitiven entſprechende, Wirbeldrehungen beginnen. Auch gleichzeitig ſtellen ſich zuwei- n dieſe entgegengeſetzten Drehungen dar, von der Mitte des Queckſilbers ausgehend gegen n poſitiven (noch in der Kette befindlichen) und gegen den negativen (im Contacte mit dem Queckſilber ſtehenden) Platindraht hin.

2) Unſere Bilderſprache haben wir bisher als etwas ſich der urſprünglich Ampère'ſchen, bei den Phyſikern ſo beliebt gewordenen Figur anreihendes, noch in der Entſtehung begriffenes und weiter auszubildendes, ganz dem Geiſte fortſchreitender Naturwiſſenſchaft gemäß, aufgefaßt. In der That aber hat ſie zugleich einen alterthümlichen Charakter, und zwar (gleich jener in der großen Pyramide von Memphis niedergelegten ganz genauen Gradmeſſung) einen vorhiſtoriſchen. Es ſprechen nämlich durch ihre ſinnigen Dimenſionen die ägyptiſchen Pyramiden (wie Jomard ſtreng mathematiſch im ſiebenten auf die Maße der Alten ſich beziehenden Bande der Description de l'Egypte nachgewieſen) gleichſam als ſymboliſche Hieroglyphen zu uns. Wir hatten aber ſchon vorhin (III. 5 am Schluß) Veranlaſſung, auf die Idee der ſymboliſchen Hieroglyphe aus einem andern als dem gewöhnlichen Geſichtspunkte aufmerkſam zu machen. Und eben dadurch eröffnet ſich, bei dem Gebrauche, den die alterthümlichen Myſterien von der zum Theile mißverſtandenen naturwiſſenſchaftlichen Ueberlieferung der Vorzeit machten, eine neue, in philoſophiſcher, hiſtoriſcher und theologiſcher Beziehung gleich beachtenswerthe Anſicht des Alterthums, und zwar namentlich der Kunſt und Poeſie deſſelben. Davon zu ſprechen iſt hier der Ort nicht. Wer von dieſer Seite die Sache kennen lernen will, iſt hinzuweiſen auf die ſchon vorhin (IV. 3. Note) erwähnte Einleitung in die Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwiſſenſchaft.

3) Der Columnentitel dieſes Artikels veranlaßt eine Bemerkung, welche ſich dem Anfange dieſer Abhandlung anſchließt. Wir gingen von der aſtronomiſchen Bilderſprache aus und müſſen nun wieder auf ſie zurückkommen. Der Leſer wird ſich überzeugt haben, daß, um davon wiſſenſchaftlich ſprechen zu können, bloß auf einem und zwar ſehr großen Umwege zum Ziele zu gelangen iſt. Wir kamen von den aſtronomiſchen Dioskuren, von welchen gleich anfänglich in der Note S. 379 die Rede war, zu Dioskurenbildern ganz anderer Art, welche unabhängig von jeder Beziehung zum Alterthume ſich entwickeln ließen. Ihre Betrachtung gewährt uns (was nachträglich erwähnt werden mag) noch einen Nebengewinn für das gemeine Leben, nämlich den, daß wir nun Dioskurenſtatuen, welche auf dem Gipfel hoher Gebäude angebracht (wie die capitoliniſchen in Rom oder die ihnen nachgebildeten in Berlin), mit mehr Verſtand beſchauen können, als es bisher möglich war in den vorherrſchend gewordenen Gedanken bei den Sternen der Dioskuren. — — Daß wir durch das aſtronomiſche Dioskurenbild auf eine Periode von 6000 Jahren zurückgeführt werden, davon war ſchon gleich anfänglich in jener eben erwähnten Note die Rede. Und da wir unſere phyſikaliſche Bilderſprache aus Naturgeſetzen entwickelten, durch welche ſie gegeben iſt, und dieſer Bilderſprache ſich eine gleichfalls den aſtronomiſch-mythiſchen angehörige Geſtalt, nämlich die des alterthümlichen Hercules, anſchloß: ſo führt uns auch dieſer Hercules in eine vorhiſtoriſche Zeit. Denn Herodot ſpricht bei den ägyptiſchen und phöniciſchen von 17000 Jahren, wodurch doch offenbar bloß im Allgemeinen eine vorhiſtoriſche Zeit bezeichnet werden ſoll. Plato aber geht im gleichen Sinne auf 10000 Jahre zurück, um überhaupt den Grundtypus der ägyptiſchen Bilderwelt als einen vorhiſtoriſchen zu bezeichnen (ſ. über das Elektron der Alten Note 23. S. 28).

Und auf Aegypten und Phönicien werden wir auch zurückgeführt durch den ganzen Bilderkreis, welcher in vorſtehender Abhandlung lediglich aus Naturgeſetzen

hervorging. Was aber durch die Natur gegeben, ſolches iſt ſeinem Grund und Weſen nach ganz gewiß vorhiſtoriſch, indem es überhaupt nicht der Ausdruck des Zeitlichen, ſondern gleich den Naturgeſetzen, welche es darſtellt, der Ausdruck des Ewigen iſt. Und dies (nämlich überhaupt, daß es ſich von phyſiſchen, nicht von hiſtoriſchen Dingen bei gewiſſen feſtſtehenden Typen in dem ägyptiſchen Bilderkreiſe handle) wollte wohl Plato ausdrücken, indem er, auf 10000 Jahre zurückgehend, beifügt: „nicht wie man ſagt, zehntauſend Jahre, ſondern wirklich.“ — Es iſt fortwährend die Abſicht des Philoſophen, von der, den Mittelpunkt des Heidenthums bezeichnenden, hiſtoriſchen Auffaſſung deſſen abzulenken, was ſeinem Grundtypus und Weſen nach nicht der Zeit angehörig.

Die phonetiſche Hieroglyphe iſt eine der Zeit angehörige willkürliche Gründung. Die ſymboliſche Hieroglyphe aber (deren Begriff erſt recht klar hervorgeht aus dem, was hier dargelegt wurde) iſt, wie wir ſahen, gleich der geometriſchen Bilderſprache, unabhängig von jeder Willkür. In ſolchem Zuſammenhange, bei dem Rückblick auf eine vorhiſtoriſche Zeit entſteht nun allerdings die Frage, ob nicht vielleicht ſelbſt in der ſo durchaus willkürlich und wunderlich ſcheinenden aſtronomiſchen Bilderſprache doch hier und da eine alterthümliche beachtungswerthe ſymboliſche Hieroglyphenſchrift verſteckt liegen möge. Und hierüber werden wir Gelegenheit haben, bei dem Artikel Sonne beiſpielsweiſe etwas mitzutheilen, was zugleich dient zur Erweiterung der bisher entwickelten phyſikaliſchen Bilderſprache. So muß alſo eine wiſſenſchaftliche Betrachtung der aſtronomiſchen Bilderſprache ſich ganz der aus der Natur der Sache abzuleitenden phyſikaliſchen Bilderſprache anſchließen, wenn es möglich werden ſoll, auch nur einigermaßen, wenigſtens theilweiſe, zur Aufklärung derſelben zu gelangen und das Bedeutſame zu ſondern von dem, was in jener aſtronomiſch mythiſchen Zeichenſprache nur willkürlich erſonnen und ſinnlos iſt. Schweigger.

Zu dem im Vorhergehenden Vorgetragenen möge Folgendes als ein Nachtrag über aſtronomiſche Bilderſprache noch hier Platz finden. Der Menſch hat unſtreitig weit früher als ſeinen eigenen Wohnort, die Erde, den Fixſternhimmel eingetheilt, beſonders bezeichnet und in ähnlichen Bildern dargeſtellt. Dieſer ſcheinbare Widerſpruch erklärt ſich ganz einfach durch die größere Ueberſchaubarkeit des Himmels im Vergleich zum Ueberblick der Erdoberfläche, ſowie durch die bald aufgefundene Beziehung zwiſchen dem Wechſel der Jahreszeiten und dem Wiedererſcheinen derſelben Geſtirne, die überdies die ſicherſten Vorboten periodiſcher Ueberſchwemmungen, wie z. B. des Nils, und anderer cykliſcher Naturerſcheinungen abgaben. Den Sternen allein konnte der Wanderer, der Schiffer ſich anvertrauen; ſie allein befolgten eine ewige Regel, die zur Regulirung des Ackerbaues als der Viehzucht benutzt werden konnte.

Hiernach iſt es nun leicht erklärbar, warum die am Himmel eingeführten Benennungen und Bezeichnungen ſich allein als ein Product der Phantaſie, und zwar der dichteriſchen, darſtellen müſſen, indem ſie zu einer Zeit entſtanden, wo die wiſſenſchaftliche Sichtung noch nicht begonnen hatte. Nachher aber hat ſich das Alterthum nicht unterſtanden, am Hergebrachten, ſchon zum Gemeingut Geſtempelten eine Verſtandesbeurtheilung auszuüben.

Wenn augenfällige Gruppirung, leichte Ueberſchaulichkeit und dadurch erzeugte Faßlichkeit, ohne übermäßige Beſchwerung des Gedächtniſſes, als der erſte Zweck

einer Eintheilung des Himmels in Sternbilder vorangetreten war und angeſehen werden muß, ſo läßt ſich derjenigen Eintheilung, welche die Alten uns überliefert haben, große Zweckmäßigkeit keineswegs abſprechen. Auch iſt dem Himmel keine Symmetrie angekünſtelt worden, denn wir vermiſſen ſelbſt das Beſtreben, zu denjenigen natürlichen Conſtellationen, welche eine Aehnlichkeit mit einem Natur- oder Kunſtgegenſtande zeigen, eine dieſer Aehnlichkeit entſprechende Benennung zu wählen. Der Fiſch, der Wagen, das ſüdliche Kreuz u. a. m. ſind nämlich erſt von den neuern Aſtronomen ſo benannt worden; man findet alſo bei den Alten eigentlich nur Heroen (nicht die eigentlichen obern Götter, deren Namen den Planeten gegeben wurden), ſowie deren Symbole oder Attribute, mithin ſogar wirkliche oder fabelhafte Thiere. Die alten Namen aller Sternbilder haben einen mythologiſchen Urſprung, ſelbſt da, wo man denſelben nicht mehr ſicher zu erkennen vermag; ſie haben offenbar in genauer Beziehung zum Cultus der heidniſchen Religionen der älteſten Völker geſtanden. Obſchon nämlich die uns überlieferte Form der Namen entſchieden griechiſch iſt, ſo kann doch nicht behauptet werden, daß die Griechen die Erſten geweſen ſeien, welche in dieſer Weiſe den geſtirnten Himmel aufgefaßt haben. So erwähnt z. B. Homer im ſechſten Buche der Odyſſee die Plejaden und Hyaden vom großen Bären ſagt er: der Bär, den Andere auch den Wagen nennen. Nach Homer hat ſich Ulyſſes dieſer Geſtirne zur Leitung ſeines Schiffes bedient. Auch Heſiodus gedenkt der Plejaden, des Arktur, des Orion und deren Auf- und Untergang er als Mittel zum Geſchäfte des Ackerbaues vorſchlägt. Aber auch in den Büchern des alten Teſtamentes, wie im Hiob, Jeſaias, Amos will man die Namen Orions, der Plejaden und Hyaden gefunden haben, obſchon Pallu in den „Mémoires de Trevoux. 1737“ zu zeigen geſucht hat, daß für die ſo gedeuteten hebräiſchen Namen erſt die 70 Dolmetſcher, welche gegen das Jahr 270 vor Chr. Geb. zu Alexandrien das alte Teſtament überſetzten, dieſe neuen und früher unbekannt geweſenen Benennungen eingeführt hätten.

Den Aegyptiern gebührt ein großer Antheil an dem Ruhme, zuerſt in origineller Weiſe den Sternenhimmel aufgefaßt zu haben. Wohl möglich iſt es indeß, daß die Aegyptier und Griechen zugleich aus einer noch ältern Quelle geſchöpft haben. Nach den Unterſuchungen A. Holzſtamm's ſoll aber dieſe Quelle ihren Urſprung nicht durchgängig in Indien genommen haben; wenigſtens meint Holzſtamm, das Alter des indiſchen Thierkreiſes zeige wenigſtens, daß die Mondhäuſer der alten Indier nicht Sternbilder im eigentlichen Sinne des Wortes geweſen ſein könnten. Sognet gab ſich viele Mühe, den wahren Urſprung der älteſten Benennungen der Sternbilder bei den Americanern (!) zu finden, wo die erſten dieſen Welttheil betretenden Europäer einige Sternbilder-Namen vorgefunden haben, die von den Landeseinwohnern für uralt ausgegeben wurden. Uebrigens herrſchte bekanntlich lange die Meinung, daß wir dieſe Namen faſt insgeſammt entweder nach La Pluche den Chaldäern, oder nach Dupuis den Aegyptern verdanken. Endlich aber, wenn man die Nachrichten des de Guignes und mancher ſeiner Brüder, die ſich in China lange aufgehalten, trauen dürfen, hätten wir Alles den Chineſen zu verdanken. Freilich haben ſowohl Chineſen, als Japaneſen uralte und nur ihnen eigenthümliche Sternbilder, wenigſtens im Thierkreiſe, was bei ihnen weit eher als bei uns ſo heißen kann, indem unſer Thierkreis bloß größtentheils, der ihrige dagegen ausſchließlich Thierfiguren hat. So beſteht die japaniſche Ekliptik aus folgenden Zeichen:

Ne,	Maus	Muma,	Pferd
Usie,	Stier	Tsitsusie,	Bock
Torra,	Tiger	Sar,	Affe
U,	Haſe	Torri,	Hahn
Tats,	Drache	Jnu,	Hund
Mi,	Schlange	Ii,	Schwein.

Aus Allem erhellet, daß das Alter der Sternbilder wohl ſehr hoch anzuſchlagen iſt, aber ſchwerlich ſicher wird ermittelt werden können, was auch von der Erforſchung des Urſprunges und der Bedeutung der himmliſchen Bilder überhaupt gilt. Manche Zeichen und Bilder mögen auch mit der Zeit gänzlich entſtellt oder unkenntlich geworden ſein; möglich wohl, daß wir kein älteres Denkmal beſitzen, als eben ſie. Manche Aſtronomen und Alterthumsforſcher haben ſie, wie ſchon erwähnt, mit den religiöſen Einrichtungen der alten Völker und mit der Bildungsgeſchichte derſelben in Verbindung zu bringen, das Alter der Erde aus ihnen abzuleiten verſucht und was dergleichen Bemühungen mehr ſind, die aber ſämmtlich ohne Erfolg geblieben ſind und wahrſcheinlich auch künftig bleiben werden, da jene Denkmäler der Vorzeit ſelbſt doch zu unbeſtimmt ſind, um nur einigermaßen ſichere Schlüſſe auf ſie zu bauen. Einige von ihnen ſcheinen ſich allerdings in der That auf den Zuſtand des Himmels zu der Zeit, wo ſie erfunden wurden, zu beziehen. Macrobius (im 4. Jahrh. nach Chr. Geb.) mag dieſe Anſicht zuerſt aufgeſtellt haben, die dann ſpäter immer weiter ausgebildet und auch wohl unter der Leitung der Imagination zu weit fortgeführt worden iſt. Macrobius behauptet, daß in dem Thierkreiſe, auf den wir weiter unten noch einmal zurückkommen werden, das Sternbild des Krebſes und das des Steinbocks dieſe Namen deshalb erhalten haben, weil die Sonne, ſobald ſie im Krebs am höchſten über dem Aequator iſt, wie einem Krebſe wieder zum Aequator zurückkehrt, und weil ſie vom Steinbock wie dieſem, wenn er die Felſenſpitzen ſucht, wieder zum Aequator aufwärts ſteigt. Dieſe Idee hat La Pluche in ſeiner „Histoire du Ciel" und in ſeinem „Spectacle de la Nature" auf alle übrigen alten Sternbilder fortzuführen geſucht. Nach ihm wurde der Widder in den Anfang des Frühlings geſtellt, weil zu dieſer Zeit die Schafe ihre Jungen werfen; der Stier kam in den zweiten Monat, um die Fruchtbarkeit der Kühe anzuzeigen; ebenſo ſoll der Löwe mit der größten Sonnenhöhe des Jahres, die Jungfrau und ihre Kornähre mit der Erntezeit, die Waage mit der Gleichheit des Tages und der Nacht im Herbſtäquinoctium, der Skorpion mit den Krankheiten während der Herbſtzeit, der Waſſermann mit der Regenzeit u. ſ. f. im unmittelbaren Zuſammenhange ſtehen. La Mire und Nauze ſtrebten ſich, La Pluche's Meinungen mit gleichem Aufwande von Gelehrſamkeit zu widerlegen; Laplace meinte, daß dieſe Zuſammenſtellungen der Namen jener Sternbilder mit den Erſcheinungen am Himmel und in der Natur für der Erde ſich viel beſſer machen ließen, wenn man die ganze Sache umkehrt und annimmt, daß zur Zeit der Erfindung jener Benennungen die Himmelsſphäre volle 180 Grade von der gegenwärtigen Lage derſelben verſchieden war. Nach dieſe Laplace'ſche Hypotheſe würde die erwähnte Erfindungszeit volle 14,000 Jahre vor Chr. Geb. ſetzen, weit hinaus gehen, alſo über alles, was wir von unſerer Menſchengeſchichte wiſſen, die kaum 2000 Jahre vor jener Epoche anfängt. Freret, ein Gegner von Newton's in ſeiner Chronologie aufgeſtellten Ideen über die Bedeutung der himmliſchen Bilder, meint in

ſeinem Werke „Défense de la Chronologie," daß die Aegyptier mit den Thiernamen, womit ſie die Sternbilder, beſonders die des Thierkreiſes, belegt, nach ihrer althergebrachten Weiſe bloß die vorzüglichſten Gottheiten ihres Landes hätten darſtellen wollen, wie z. B. Oſiris, Horus, Iſis, Anubis. Dieſe Anſicht hat Sam. Schmidt in einem eigenen Werke umſtändlich zu beſtätigen geſucht. Betrachtet man die Sache parteilos, ſo kann man leicht einſehen, daß ſich ebenſo viel dagegen als dafür ſprechen läßt und daß man eine ſichere Entſcheidung hierüber ſchwerlich erlangen wird. Immerhin haben die Umriſſe der meiſten Sternbilder nur ſehr geringe Aehnlichkeit mit den Gegenſtänden, die ſie, ihren Namen gemäß, vorſtellen ſollen. Wirklich gehört eine ſehr lebhafte Phantaſie dazu, im Pegaſus, Adler, Bootes, Becher, Altar, in der Leier ꝛc. dieſe Aehnlichkeit zu entdecken. Und wie ſind erſt die äthiopiſchen Könige und Prinzeſſinnen, z. B. Cepheus und Caſſiopeja, zu der Ehre gekommen, die ſchönſten Stellen des Sternenhimmels einzunehmen? Man kennt die meiſten derſelben in der Geſchichte nicht; man weiß nur eben durch jene Apotheoſe, daß dieſelben einmal auch auf der Erde eine Stelle beſeſſen haben.

Man hat es alſo den Nachfolgern der erſten Erfinder ſolcher Sternbilder Namen nicht übel nehmen können, daß ſie dergleichen Abſurditäten durch gereinetere Bilder zu verdrängen ſich bemüht haben. Allein leider verfielen ſie wieder in einen andern Fehler, der von dem geringen Geſchmacke dieſer Herren zeugte. So verſuchte z. B. Weigel in Jena durch adlige Wappen, Schiller in Augsburg durch die Heiligen der katholiſchen Kirche die Heroen des Alterthums zu verdrängen. In den neuern Zeiten aber haben ſich die Aſtronomen ſolche unnütze Veränderungen, die nur noch mehr Verwirrung und Verwechſelung erzeugt haben würden, nicht mehr erlaubt, ſondern die alten Sternbilder in dem verjährten Beſitze ihrer nun längſt gewohnt gewordenen Benennungen gelaſſen. Nur als man die Sterne der ſüdlichen Himmelsſphäre näher zu betrachten und ſorgfältiger zu beobachten anfing und es folglich nöthig wurde, dieſe vielen den Alten noch unbekannt gebliebenen Sterne in neue Sternbilder zu gruppiren, gab man dieſen neuen Sternbildern, der Sitte der Alten gemäß, wieder Benennungen von Thieren, zum Theil aber auch von neuen nützlichen Erfindungen. So entſtanden z. B. die Giraffe, die Eidexe, der Phönix, die Luftpumpe, die Buchdrucker-Werkſtatt.

Eines der berühmteſten, den geſtirnten Himmel betreffenden Denkmäler der Vorzeit iſt unſtreitig der Thierkreis von Denderah. In dem am Nil gelegenen Dorfe dieſes Namens in Aegypten ſteht hinter einem großen, Iſis gebauten Tempel ein vermuthlich der Iſis und dem Horus geweihter Tempel. An der Decke des Porticus des größern Gebäudes fand man aſtronomiſche Figuren, auch die 12 Zeichen des Thierkreiſes, und in einem Nebengemache einen Thierkreis, welche beide die Sprach- und Alterthumsforſcher, ſowie die Aſtronomen ungemein beſchäftigt haben, da man in dieſen Thierkreiſen beſtimmte zuverläſſige Aufſchlüſſe über Zeitrechnung überhaupt zu finden meinte. Man nämlich auf dem zweiten jener beiden Thierkreiſe die Sonnenwende im Krebſe gezeichnet, die nach der Anſicht mancher Sternkundigen die Sommer-Sonnenwende ſein ſoll, ſo daß dann der Frühlings-Nachtgleichenpunkt zwiſchen den Stier und Widder, folglich 45 Grade weiter vorwärts als jetzt fiele. Dieſer Thierkreis müßte daher, weil die Sonne bei gleichförmiger Bewegung 2150 Jahre Zeit in Bezug auf einen und denſelben Monat braucht, um aus einem Zeichen in

andere einzurücken, 3230 Jahre alt sein. Wäre jedoch die im Krebse verzeichnete Sonnenwende die Winter-Sonnenwende, so fiele der Frühlings-Nachtgleichenpunkt in die Waage, also 7 Zeichen weiter zurück als heut zu Tage, wo dieser Punkt in den Fischen sich befindet. Dann aber würde gedachter Thierkreis 7 mal 2150, d. h. 15050 Jahre alt sein. Beide Schlüsse aber lassen durch manche wichtige Gründe sich bekämpfen. So hat namentlich Letronne gezeigt, daß der Zodiacus von Denderah wohl nur den Zweck gehabt habe, den Stand der Gestirne bei der Geburt von Verstorbenen anzugeben, daß mithin der Thierkreis selbst nur eine astrologische Angabe sei, welche in die Zeiten der römischen Kaiser falle. Seyffarth, der sich mit diesem Gegenstande sehr vielfältig beschäftigt hat, verweiset sich in seinen „chronologischen Untersuchungen" ausführlich hierüber; auf die Seyffarth'schen Untersuchungen müssen wir daher unsere Leser, die sich mit diesem Gegenstande näher bekannt machen wollen, hier verweisen.

Schließlich möge noch erwähnt werden, daß die Alten, vorzüglich die Araber, die größten Sterne des Himmels ebenso, wie die „Sternbilder" genannten Gruppen von Sternen, mit eigenen Namen belegt haben, von welchen die meisten, schon in der Schreibart oft sehr entstellt, noch bis auf uns gelangt sind. Solche Eigennamen von Fixsternen sind z. B. Spica oder Azimech, d. i. die Kornähre der Jungfrau; Aldebaran oder Palilicium, d. i. das Ochsenauge; Antares, das Scorpionsherz ꝛc. (Man sehe hierüber besonders „Ideler, Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen.") Doch bediente man sich auch in der Bezeichnungsweise nach den einzelnen Theilen der Sternbilder, in welchen die Fixsterne standen; z. B. der hellste Stern in der östlichen Schulter Orions, der Stern im östlichen Horn des Stiers ꝛc. J.

Athmen (lat. Respiratio, franz. und engl. Respiration) ist diejenige Verrichtung des thierischen Organismus, durch welche die atmosphärische Luft mit dem Blute in Berührung gebracht und so einerseits durch Absorption von Sauerstoffgas und andererseits durch die Bildung und Ausscheidung von Excretionsproducten das thierische Leben erhalten wird. Diejenigen Thiere, welche auf der Oberfläche der Erde leben, saugen die Luft unmittelbar aus der Atmosphäre ein, während die im Wasser lebenden Thiere die vom Wasser absorbirte Luft aufnehmen. Das Organ, durch welches das Athmen oder die Aufnahme und Ausscheidung gewisser Stoffe bewerkstelligt wird, ist in verschiedenen Thierclassen auch wesentlich verschieden eingerichtet; bei den höheren Thieren ist dieser Apparat auf einen kleineren Raum des Körpers concentrirt und zwar ist der Apparat wiederum verschieden, je nachdem das Thier im Wasser oder auf dem Lande lebt, indem in dem erstern Falle, also bei den Säugethieren, Vögeln und Amphibien (zum großen Theile) die atmosphärische Luft in den Lungen mit dem Blute in unmittelbare Berührung tritt, während namentlich bei den Fischen in dem tropfbar-flüssigen Medium des Wassers die von demselben aufgelöste Gas von dem durch die Kiemen strömenden Blute genommen wird; ganz ähnlich geht die Respiration des Säugethierfötus vor sich, nur daß diese auch durch ein tropfbar-flüssiges Medium, nämlich durch das Blut der Mutter vermittelt wird. Die Insecten und Würmer athmen theils durch Kiemen, theils durch Luftröhren oder Tracheen, in welchem letzteren Falle der Athmungsproceß in dem ganzen Körper vertheilt ist, so daß, wie Cuvier bemerkt, die Luft gleichsam das Blut aufsucht, während in den Lungen und Kiemen umgekehrt das Blut die Luft aufsucht.

Athmen des Menschen und der Säugethiere überhaupt, der Vögel und Amphibien. Die Lungen bestehen aus baumartig verzweigten Gefäßen, die in blinden Endbläschen endigen, welche bei den Säugethieren einen Durchmesser von 0,045 bis 0,180 Millimeter besitzen. Die Athembewegungen oder den mechanischen Proceß des Athmens erklärt Joh. Müller*) folgendermaßen: Das Ein- und Ausathmen geschieht bei dem Menschen und den Säugethieren durch Erweiterung und Verengung der Brusthöhle. Sobald die Brustwände sich ausdehnen und die Brusthöhle erweitert wird, dringt die Luft in der Luftröhre in ihren Zweigen bis in die Zellen nach, die sich in dem Maße ausdehnen, als die Brusthöhle sich erweitert, so daß also die Oberfläche der Lunge durchaus den sich ausdehnenden Wänden der Brusthöhle folgt. Zur Erweiterung der Brusthöhle beim Einathmen dient ganz vorzüglich das Zwergfell. Im erschlafften Zustande ist das Zwergfell gewölbt, bei der Contraction desselben wird es flach und indem seine Wölbung herabsteigt, erweitert es also die Brusthöhle, wodurch zugleich die Eingeweide der Bauchhöhle von oben gedrückt werden. Dieser Druck auf die Baucheingeweide von oben beim Einathmen verursacht das Hervortreiben derselben nach vorn oder das scheinbare Anschwellen des Bauches beim Einathmen. Sobald das Zwergfell erschlafft, weichen die Eingeweide wieder mehr zurück und der Bauch wird flacher. Beim leisen Einathmen bewirkt das Zwergfell zum größten Theil allein die Erweiterung der Brust. Die seitliche Erweiterung der Brust geschieht vorzüglich durch die Wirkung der musculi intercostales, aber auch durch Unterstützung der musculi scaleni, levatores costarum, des serratus posticus superior und der Brustmuskeln überhaupt. Das Einathmen kann beim ganz ruhigen Athmen schon durch bloßen Collapsus, durch die Elasticität oder Herstellung der vorher ausgedehnten Theile in den status quo erfolgen, und das ruhige Athmen scheint weniger aus der Abwechselung antagonistischer Muskelbewegungen, als vielmehr periodischer Inspirationsbewegungen zu bestehen. Hierbei wirken zwar die Exspirationsmuskeln durch jenes mäßige Contractionsspiel, welches allen Muskeln auch außer den stärkeren Zusammenziehungen eigen ist, mit. Wenigstens erfolgt das Ausathmen von selbst, sowie die Inspiration aufhört. Beim stärkern Ausathmen wirken diese Muskeln stärker, noch mehr und selbst krampfhaft, wenn Reizung in den Lungen oder im Kehlkopf stattfindet und Husten eintritt. Die Exspirationsmuskeln sind die Bauchmuskeln, welche die Rippen niederziehen, durch Zusammendrückung des Bauches die Baucheingeweide gegen das erschlaffte Zwergfell in die Höhe treiben und so die Brusthöhle auch von unten verengern. Dies sind der gerade, die schiefen, der quere Bauchmuskel, der musculus quadratus lumborum, m. serratus posticus inferior, m. sacrolumbaris und longissimus dorsi. — Beim Einathmen ist die Stimmritze weiter, beim Ausathmen enger. Die Luftröhrenzweige werden beim Einathmen weiter, beim Ausathmen enger. Die Luft wird entweder durch Mund oder Nase eingenommen und ausgetrieben. Beim Athmen durch die bloße Nase ist der Ausgang durch den Mund durch Anlegen des hintern Theils der Zunge wider den Gaumen geschlossen, beim Athmen durch den Mund ist das Gaumensegel erhoben. Die Annäherung der hinteren Gaumenbogen gegen einander, wodurch eine vollständi

*) Physiologie. Bd. I. S. 326.

Verschließung eintritt, und durch Anlegen des hintersten Theils der Zunge gegen den Gaumen kann sowohl der Mund als die Nase von den Respirationswegen abgeschlossen werden — eine Bewegung, die oft willkürlich geschieht, wenn man den Athem anhält und das Durchströmen übler Gerüche durch die Nase aufgehoben wird. — Bei den Vögeln dringt die Luft beim Einathmen nicht allein in die Lungen, sondern auch in die großen Zellen. Es giebt hier kein vollständiges Zwergfell mehr, sondern nur einige Muskelzipfel steigen vom hintern Winkel der dritten, vierten und fünften Rippe zu einer fibrösen Haut an der untern Fläche der Lungen empor. Die Erweiterung der Brust erweitert die großen Zellen, welche mit den Lungen in Verbindung stehen, wodurch die Luft genöthigt wird, sich in die Lungen zu stürzen. Die Luft wird aus den Zellen und den Lungen durch die Thätigkeit der Bauchmuskeln ausgetrieben. — Unter den Amphibien athmen die Chelonier, deren Rippen unbeweglich verbunden sind, und die nackten Amphibien, welche keine wahren Rippen haben (Coecilien, Derotremata, Proteiden, Salamandrina, Batrachia), bloß durch Verschluckung der Luft ein. Die Frösche schließen den Mund und erweitern die Mundhöhle an der Kehle, wodurch ein leerer Raum entsteht, den die Luft, durch die Nasenlöcher eindringend, einnimmt. Dann ziehen sie die Kehle zusammen, verschließen den Schlundkopf und treiben durch die Zusammenziehung der Kehle die Luft durch die Stimmritze in die Lungen, während sie durch einen eigenthümlichen Mechanismus die Nasenlöcher schließen. Die Luft wird theils durch die Bauchmuskeln, theils durch die Elasticität der Lungen bei geöffneter Stimmritze ausgetrieben. Sobald die Frösche den Mund nicht mehr schließen können, können sie auch nicht mehr athmen. Das Ausathmen geschieht bei den Schildkröten durch Zusammenziehung der Bauchmuskeln zwischen dem Bauchschild und den hintern Extremitäten. Die mit beweglichen Rippen versehenen Amphibien athmen durch Erweiterung und Verengerung der Körperhöhle vermittelst der Rippen.

Ueber den Einfluß der Nerven auf das Athmen heißt es ferner (a. a. O. S. 330): Die Athembewegungen sind sehr zusammengesetzt und dem Wirkungskreise sehr verschiedener Nerven unterworfen. Gleichwohl ist die Quelle der gemeinschaftlichen Thätigkeit dieser Nerven eine und dieselbe. Die Athembewegungen bestehen 1) aus Bewegungen im Gesichte, die sich aber nur selten krankhaft äußern, wie die Erhebung und Senkung der Nasenflügel, die Anstrengung mehrerer Gesichtsmuskeln beim Athmen. Diese Bewegungen erfolgen bei unwillkürlichen heftigen Athembewegungen und bei großer Schwäche selbst mit, sie sind von dem Nervus facialis abhängig, den Ch. Bell den Athemnerv des Gesichtes nennt. 2) Erweitern der Stimmritze beim Einathmen, Verengern derselben beim Ausathmen. Diese Bewegung ist ganz von dem Nervus vagus, und zwar von seinen beiden Kehlkopfästen, Nervus laryngeus superior et inferior seu recurrens, abhängig. 3) Erweiterung der Brust beim Einathmen. Nervi spirales; Nervus respiratorius externus Bellii; Nervus accessorius Willisii, insofern er den m. cucullaris beim Heben der Schulter beherrscht. 4) Zusammenziehung des Zwergfells beim Einathmen. N. phrenicus. 5) Endlich Zusammenziehung der Bauchmuskeln beim Ausathmen. Nervi spirales. — Wir sehen, daß zu dem System der Athemnerven der Nervus facialis, vagus, accessorius,und viele Spiralnerven, die sich in den Rumpfmuskeln verbreiten, gehören. Jeder dieser Nerven hat seinen verschiedenen Wirkungskreis und es kann der eine ohne den andern vernichtet werden.

Die Durchschneidung jedes dieser Nerven hebt seinen Antheil an diesen Bewegungen auf. Aber die Vernichtung der medulla oblongata hebt alle Athembewegungen zu gleicher Zeit auf, auch die Wirkung derjenigen Nerven, welche von dem Rückenmark entspringen. Legallois hat dieses Verhältniß gezeigt; er hat bewiesen, daß keine anderen Theile des Gehirns die Quelle der Athembewegungen sind, und daß man bei einem Thier das Gehirn von vorn nach hinten allmälig abtragen kann, bis bei Verletzung der medulla oblongata, an einer dem Abgang des Nervus vagus entsprechenden Stelle, alle Athembewegungen zu gleicher Zeit aufhören. Deswegen ist auch die medulla oblongata gleichsam der vulnerabelste Theil, wenigstens derjenige, dessen Verletzung unter allen Verletzungen der Nerven und der Centraltheile des Nervensystems die gefährlichsten Folgen hat*).

Die Zahl der Athembewegungen für den normalen Zustand in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Minute, wird von verschiedenen Autoren auch sehr verschieden angegeben. Vierordt**) glaubt aus einer großen Anzahl von Beobachtungen, bei Vermeidung aller störenden Einflüsse, in dem Zustande der vollkommensten körperlichen Ruhe, beim Sitzen, die mittlere Zahl der Athemzüge in einer Minute auf $11^{9}/_{10}$, das Maximum auf 15 und das Minimum derselben auf 9 feststellen zu können. Lännec dagegen zählte 12 bis 15, Magendie 15, Allen und Pepys 19, Thomson 19 bis 20 und Davy sogar 26 Athemzüge in einer Minute bei dem in dem angeführten Zustande sich befindenden Menschen. Quetelet***) hat an 300 Personen verschiedenen Alters Beobachtungen angestellt, welche ihm die folgenden Resultate gewährten:

Alter	Athemzüge in 1 Minute		
	Maximum	Minimum	Mittel
Neugeborne . . .	70	23	44
5 Jahre . .	32	—	26
15—20 „ . .	24	16	20
20—25 „ . .	24	14	18,7
25—30 „ . .	21	15	16
30—50 „ . .	23	11	18,1

Das Maximum von Athemzügen, die überhaupt in einer Minute möglich sind, scheint 120 bis 130 zu sein; in einigen Krankheiten beträgt die Anzahl bei Erwachsenen über 60. Der Igel pflegt sieben Athemzüge in einer Minute zu machen, das Pferd und Rind acht, das Schaf und die Ziege 10, die Katze und der Hund

*) Obgleich also das verlängerte Mark der nächste Ausgangspunkt der Athembewegungen ist, so können diese doch auch durch Reflex von Reizungen anderer Nerven, namentlich Hautnerven erregt werden, z. B. durch Reizung der Nasenschleimhaut entsteht Niesen, d. i. (abgesehen von andern gleichzeitigen Vorgängen) eine tiefe Inspiration, auf welche eine kurze heftige Exspiration folgt; wenn Brust und Bauch plötzlich kalt berührt werden, z. B. durch Wasser (beim Eintreten in ein kaltes Bad), so entsteht jedesmal eine tiefe Inspiration. Diese Erscheinung hält man für den Impuls zu Entstehung der Athmungsbewegung bei Neugebornen. M.

**) Wagner's Handb. d. Physiologie. Bd. II. S. 834.

***) Ueber den Menschen und die Entwicklung seiner Fähigkeiten, übers. von Riecke. Stuttg. 1838.

bis 24, die Vögel 20 bis 30; die Fische machen in derselben Zeit 25 bis 30, selbst 40 Bewegungen mit den Kiemendeckeln, und die Bewegungen der Kehle bei den Fröschen betragen 40 bis 100, während die Nasenlöcher sich viel seltener bewegen. — So wie die Angaben über die Zahl der in einer Minute, bei dem normalen Zustande, stattfindenden Athemzüge sehr von einander abweichen, so ist ein Gleiches der Fall mit den Daten, welche verschiedene Autoren einerseits über das Volumen der jedesmal ein- und ausgeathmeten Luft, wie andrerseits über die Capacität der menschlichen Lunge überhaupt anführen. So beträgt das gewöhnlich von einem Menschen ausgeathmete Luftquantum nach Abilgaard 53 bis 107 Cubikcentimeter, nach Keutsch 107 bis 214, Davy rechnet 200 bis 260, Lavoisier und Seguin 233, Allen und Pepys 262 bis 278, Herbst 317 bis 356 (für jüngere Personen), 396 bis 495 (für Erwachsene), Enschut 418, Fontana 573, Bostock, Valentin 656, Manzies 715, Sennebier 792; und Vierordt*) fand im Mittel für den Zustand der vollkommensten Ruhe ein Exspirationsvolumen von 507 C.-C. und als Mittel der fünf höchsten Werthe 699, sowie als Mittel der fünf niedrigsten 177 C.-C. Nach dem Letzteren ist es ferner nicht unwahrscheinlich, daß das mittelst einer Ausathmung exspirirte Luftvolumen zu der in den Lungen überhaupt befindlichen Luftmenge im gefunden, ruhigen Zustande bei erwachsenen Personen in einem ziemlich constanten Verhältnisse steht, welches sich nach den Beobachtungen, die Vierordt an sich selbst anstellte, durch die Proportion 1 : 4,75 ausdrücken läßt. Nach H. Davy's**) Versuchen werden von einem Menschen gewöhnlich 26 bis 27 Mal in einer Minute 10—13 Cub.-Zoll Luft ein- und ausgeathmet, welches in 24 Stunden 400000 bis 500000 C.-Z. oder 65,6 bis 82 Cubikmeter betragen würde. Nach demselben soll die menschliche Lunge nach gewöhnlichem Einathmen 118, nach gewöhnlichem Ausathmen 108, nach möglichst starkem Einathmen 240 und nach möglichst starkem Ausathmen 35 C.-Z. Luft enthalten. Allen und Pepys***) fanden, daß die Lunge bei gewöhnlichem Einathmen 16,5 und in 24 Stunden 460800 bis 475200 C.-Z. Luft aufnehme; Thomson rechnet 40 C.-Z. Luft auf einmaliges Einathmen und bei 20 Athemzügen in einer Minute, in 24 Stunden ein- und ausgeathmete Luft 1152000 C.-Z. oder 52,5 Pfund. Diese Angaben scheinen jedoch viel zu groß zu sein, und die Angabe von Dumas, daß in 24 Stunden etwa 8 Cubikmeter Luft exspirirt werden, mehr Zutrauen zu verdienen; damit stimmen auch die Beobachtungen von Vierordt überein, der das in 24 Stunden ausgeathmete Luftvolumen auf 8688960 Cubikcentimeter schätzt, doch in Betracht, daß die Respiration in Folge körperlicher Bewegung während eines bedeutenden Theils des Tages energischer von Statten gehen muß, die in Frage stehende Luftquantität auf 11—12 Cubikmeter anschlagen zu können glaubt. Vierordt ist ferner der Ansicht, daß die Versuche Scharling's†) wesentlich die so eben mitgetheilte Angabe bestätigen; Scharling fand nämlich, daß ein erwachsener sehr kräftiger Mann in 24 Stunden 239 Gramme Kohlenstoff = 867 Gr. Kohlensäure ausathmete, welche bei 0° und 336''' Barometerstand ein Volumen von 443409 Cubikcentimeter ausmachen. Wenn nun, wie Vierordt's

*) A. a. O. S. 835.
**) Research. chem. and phil., übers. 1812.
***) Biblioth. britann. Nov. et Dec. 1809. Schweigg. Journ. Bd. I. S. 182 ff.
†) Ann. f. Chem. u. Pharm. Bd. XLV. S. 214—242.

Beobachtungen ergeben haben, 100 Raumtheile Exspirationsluft im Mittel 4,334 Kohlensäuregas (s. unten) enthalten, so würde das Gesammtvolumen der Luft, welche der von Scharling beobachtete Mann im nicht angestrengten Zustande exspirirte, 10230941 Cubikcentimeter betragen, also reichlich 10 Cubikmeter.

Bei der Berührung der atmosphärischen Luft mit dem Blute und mit den in demselben enthaltenen Gasen bemerkt man eine chemische Veränderung sowohl der eingeathmeten Luft, wie auch des Blutes selbst. In der ersteren sieht man einen großen Theil ihres Sauerstoffgehaltes verschwinden und an die Stelle desselben Kohlensäuregas treten, dessen Menge den früheren Ansichten und Beobachtungen zufolge genau dem Volumen des verschwundenen Sauerstoffgases entsprechen sollte, in neuerer Zeit jedoch als stets etwas geringer als die des letztern erkannt wurde, so daß also eine gewisse kleine Quantität des Sauerstoffgases noch auf andere Weise als zur Bildung von Kohlensäuregas verwendet werden muß, wenn man nicht dieses Verschwinden auf Rechnung der durch die Haut sich ausondernden Kohlensäure schreiben will. Die Volumenverminderung in der einmal geathmeten Luft beträgt nach Pfaff $^1/_{36}$, nach Goodwyn $^1/_{60}$ bis $^1/_{50}$, nach Davy $^1/_{100}$, $^1/_{70}$, $^1/_{42}$, nach Cuvier $^1/_{50}$, nach Bostock $^1/_{50}$, nach Despretz die geringste Volumenabnahme $^1/_{1986}$, die größte $^1/_{42}$, nach Berthollet's an Thieren im abgeschlossenen Raume angestellten Versuchen im Mittel $^1/_{41}$, im Maximum $^1/_{29}$, im Minimum $^1/_{145}$. Die Ursache dieser Volumenverminderung, welche bei wiederholter Einathmung der schon einmal geathmeten Luft immer bedeutender wird, wollte man anfangs in einer Absorption von Stickstoff suchen; neuere Beobachtungen und Analysen haben jedoch die Ursache in der ich angedeuteten Thatsache des Verschwindens von Sauerstoff gefunden, welches je nach dem höheren oder geringeren Grade auch eine größere oder kleinere Volumenverminderung in der eingeathmeten Luft bewirken muß. Diese Volumenabnahme wird allerdings durch eine stets gleichzeitig stattfindende Exhalation von Stickstoffgas aus dem Blute zum Theil oder gänzlich wieder aufgehoben, wie denn in der That jene Volumenverminderung in einigen Versuchen beinahe gleich Null war und in einem von Despretz ausgeführten Versuche sogar eine Zunahme der Luft um $^1/_{135}$ bemerkt wurde. — Die Temperatur der ausgeathmeten Luft beträgt gewöhnlich zwischen + 36°,2 und + 37°,5 C., und bei der Einathmung einer Luft von niedrigem oder höherem Wärmegrade schwankt dennoch die ausgeathmete Luft hinsichtlich ihrer Temperatur nur wenig um die angeführten Grade; so fand z. B. Valentin bei dem Einathmen einer Luft von 41°,87 die Temperatur der ausgeathmeten 38°,12 und bei dem Einathmen einer Luft von + 10°,62 die Temperatur der ausgeathmeten gleich 35°,93.

Bei der Untersuchung der durch das Athmen veränderten Luft hat man namentlich die folgenden Punkte zu berücksichtigen: 1) die Menge der gebildeten Kohlensäure; 2) die Menge des verschwundenen Sauerstoffgases; 3) die Menge des ausgeathmeten Wasserstoffgases; 4) die Veränderungen, welche das Verhältniß des Stickstoffgases nach dem Versuche erlitten hat, und endlich die Gegenwart flüchtiger organischer Stoffe und, wie es scheint, des Ammoniaks.

Allen und Pepys bestimmten die Menge der in der einmal geathmeten Luft enthaltenen Kohlensäure auf 8 bis 8,5 Volumenprocente, während sie damit im Zusammenhang den Sauerstoffgehalt derselben bis auf 12 bis 13 Proc. sich vermindern lassen, Angaben, die nach den neueren sorgfältig

und vielfachen Beobachtungen, namentlich von Brunner und Valentin*) und Vierordt**), wesentlich von der Wirklichkeit abzuweichen scheinen, indem die letzteren Physiologen in 100 Volumentheilen ausgeathmeter Luft an Kohlensäure fanden:

	im Mittel	Maximum	Minimum	Differenz zwischen Max. u. Min.
Brunner und Valentin	4,380	5,495	3,299	2,196
Vierordt	4,334	6,220	3,358	2,862

Ebenso wie die früheren Beobachtungen über den Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft bedürfen die älteren Mittheilungen über den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt derselben einer wesentlichen Berichtigung. Der Sauerstoffgehalt beträgt nach Valentin und Brunner im Mittel 16,033, im Maximum 17,246, im Minimum 14,968 Volumentheile, so daß also im Mittel 4,782 Proc. zu verschwinden scheinen; der Stickstoffgehalt ist nach denselben Beobachtern im Mittel 79,587, welches also eine Vermehrung desselben im Mittel um 0,402 ausweisen würde. Die von Despretz***) mitgetheilten Untersuchungen führten nach einer von Vierordt †) gegebenen Uebersicht zu den in folgender Tabelle zusammengestellten Resultaten, wobei zu bemerken ist, daß das Zeichen — auf eine Abnahme, + auf eine Zunahme des Volumens hindeutet:

Thiergattung	Verhältniß der verschwundenen zur eingeathmeten Luft	Verhältniß des exspirirten kohlensauren Gases zum absorbirten Sauerstoffgase	Verhältniß des absorbirten und nicht zur Kohlensäurebildung verwandten Sauerstoffs zum Gesammtvolumen des absorb. Sauerstoffs	Verhältniß des ausgeschiedenen Stickgases zur gesammten eingeathmeten Luft
Erwachsenes Kaninchen	— 1 : 317	1 : 1,32	1 : 4,1	1 : 57
Sechs Kaninchen von 1/2 Monat	— 1 : 63	1 : 1,41	1 : 3,4	1 : 115
Drei erwachsene Meerschweinchen	+ 1 : 135	1 : 1,28	1 : 4,7	1 : 45
Fünfjährige Hündin . .	— 1 : 108	1 : 1,43	1 : 3,1	1 : 35
Siebenmonatl. Hündin	— 1 : 76	1 : 1,51	1 : 3,0	1 : 63
Zwei Hündinnen von 1 Monat	— 1 : 42	1 : 1,55	1 : 2,4	1 : 43
Vater von 2 Jahren .	— 1 : 138	1 : 1,42	1 : 3,4	1 : 91
Drei männliche erwachsene Tauben	— 1 : 1986	1 : 1,30	1 : 4,3	1 : 67
Virginische Ohreule (erwachsen)	— 1 : 159	1 : 1,64	1 : 2,5	1 : 66

*) Wunderlich's und Roser's Archiv f. phys. Heilkunde. 2.
**) Ebend. 3. u. Wagner's Physiol. Handwörterb. Bd. II. S. 853.
***) Ann. de Ch. et de Ph. T. XXVI. p. 337—364.
†) A. a. O. S. 856.

Aus den Versuchen Marchand's*) über die Respiration der Frösche geht ebenfalls die schon von Andern nachgewiesene Thatsache, daß eine viel größere Menge Sauerstoff aufgenommen wird, als nöthig ist, um Kohlensäure zu bilden, bis zur Evidenz hervor. Die Kohlensäure erfordert nämlich auf 100 Th. Kohle 266,7 Sauerstoff und aus den von Marchand angeführten Versuchen über die normale Respiration der wohlgenährten Thiere ergab sich, daß die Menge des verschwundenen Sauerstoffs zwischen 315 und 346 schwankte, und daß das Verhältniß desselben namentlich von der Zeit abhängig sei, seit welcher die Thiere Nahrung zu sich genommen haben.

Die Untersuchungen über die Veränderungen, welche der Stickstoffgehalt der Luft durch das Athmen erleidet, sind mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, weil diese Veränderungen, wie schon angeführt, jedenfalls innerhalb enger Grenzen sich bewegen. Daher sind die älteren Angaben hierüber auch sehr abweichend und meistens unzuverlässig, indem Davy und Pfaff sogar eine Verminderung des Stickstoffgehalts, Lavoisier, Seguin, Allen und Pepys aber weder Vermehrung noch Verminderung desselben gefunden haben. Edwards ferner war der Meinung, daß in der Lunge gleichzeitig Stickstoff absorbirt und ausgehaucht werde, und daß die Menge des absorbirten und ausgehauchten je nach den Umständen verschieden sei. Bringt man daher Thiere, wie Allen und Pepys mit Meerschweinchen thaten, in ein Gasgemenge, welches gar kein Stickgas enthält, so athmen sie solches nur aus, und jene Meerschweinchen athmeten mehr Stickgas aus, als der Umfang ihres Körpers betrug, und verschluckten etwas Wasserstoffgas. In neuerer Zeit hat Boussingault für die Lösung dieser Frage einen andern Weg eingeschlagen, indem er nämlich die Menge des mit die Nahrung aufgenommenen Stickstoffs mit der durch die Secretionsproducte ausgeschiedenen einer sorgfältigen quantitativen Prüfung unterwarf. Er fand die Bestätigung der von Dulong und Despretz zuerst ausgesprochenen Behauptung einer Aushauchung von Stickstoff bestätigt durch die Resultate der Elementaranalyse der genossenen Nahrung und der Secretionsproducte eines Pferdes und einer Kuh und nahm später die Untersuchung wieder auf, indem er mit einer Turteltaube experimentirte, die durch ihr geringes Volumen und durch die Natur ihrer Ausscheidungen einen größeren Grad von Genauigkeit hoffen ließ**). Die Taube wurde mit Hirsekörnern gefüttert und es ergab sich aus dem Mittel der Versuche, daß dieselbe, welche ein während der Dauer des Versuches sich ungefähr gleichbleibendes Gewicht von 187 Grammen hatte, durch die Respiration in 24 Stunden 5,106 Grm. Kohle verbrannte; sie hauchte also in diesem Zeitraume 18,70 Grm. Kohlensäure und ferner 0,16 Grm. Stickstoff aus oder dem Maße nach 9,441 Liter Kohlensäure und 0,126 Liter Stickstoff; es folgt hieraus, daß der Stickstoff, welcher durch Exhalation aus dem Organismus ausgeschieden wird, dem Volumen nach ungefähr $^1/_{100}$ der Kohlensäure ist, die gebildet wird, ein Resultat, welches in Hinsicht der Stickstoffaushauchung überhaupt analog dem von Dulong und Despretz erhaltenen ist; jedoch weicht es in Beziehung auf die relative Quantität des ausgehauchten Stickstoffes gegen die Kohlensäure wesentlich von der Angabe dieser Physiker ab, die eine viel größere Menge fanden. So gering nun auch diese Stick-

*) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXIII. S. 129 ff.

**) Compt. rend. T. XIX. p. 73. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXIII. S. 173 ff.

menge ist, so macht sie doch den dritten Theil von derjenigen aus, welche in dem genossenen Futter enthalten war, so daß dieser Vogel unter den Umständen, in welchen er sich befand, durch seine Ausleerungen nur zwei Drittel des Stickstoffes ausschied, welcher in dem genossenen Hirse enthalten war. Marchand ist, seinen Untersuchungen zufolge, der Ansicht, daß der Stickstoff nicht im freiem Zustande, sondern als Ammoniak ausgehaucht werde.

Lavoisier und in neuerer Zeit Valentin stellten die Behauptung auf, daß die ausgehauchte Luft mit Wassergas gesättigt sei, was jedoch nach den Beobachtungen Anderer nicht der Fall zu sein scheint. Die Quantität dieses Wassers wird verschieden angegeben; so fand Lavoisier, daß die Athmungsluft in 24 Stunden an Wasser 727 Gramme enthalte, Abernethy 275, Prout 596, Thomson 559, Dalton 588, Hales 633 und Valentin im Mittel 500 Gramme.

Man hat ferner zur Vergleichung die Menge der von verschiedenen Thierclassen ausgeschiedenen Kohlensäure auf eine gleiche Gewichtsmenge der Thiere reducirt, welches für die vier Classen der Wirbelthiere folgende Verhältnisse ergeben würde:

100 Gramme Körpergewicht liefern in 24 Stunden an Kohlenstoff:

Schleie (Humboldt und Provençal)	: 0,024 Grm.	= 1
Frosch (Marchand)	: 0,087 "	= 4
Mensch (Scharling)	: 0,292 "	= 12
Taube (Bouſſingault)	: 2,742 "	= 114

Die Versuche, welche über das Athmen in andern Gasarten als in der atmosphärischen Luft angestellt worden sind, haben im Allgemeinen ergeben, daß nur eben eine Mischung von Stickgas und Sauerstoff, wie sie die atmosphärische Luft darbietet, im Stande ist, den Athmungsproceß zu unterhalten; und zwar sind die andern Gasarten entweder negativ untauglich zum Einathmen wegen ihres Mangels an Sauerstoff, der für die Erhaltung des thierischen Organismus unentbehrlich ist, oder positiv untauglich, weil sie als Gifte und zersetzend auf die Schleimhäute und das Blut einwirken. Die älteren Angaben über das Verhalten der verschiedenen Gase in dieser Hinsicht erfordern theilweise eine Berichtigung, indem nicht immer mit chemisch reinen Gasen experimentirt worden ist, woraus sich manche Abweichungen in den gefundenen Resultaten erklären lassen. Von allen einfachen und unvermischten Gasen scheinen nur das reine Sauerstoffgas und das Stickstoffprotulgas eine kurze Zeit hindurch ohne schädliche Folgen eingeathmet werden zu können. Bei dem ersteren fand Davy, daß es drei bis fünf und sogar zehn Minuten eingeathmet werden kann, wobei der Puls schneller und stärker wird und eine größere Wärmeentwicklung in der Brust verspürt wird; gegen Ende des Versuches treten Beklemmungen ein, die Augen werden roth und die Haut geräth in Schweiß, während die Muskelkraft und die geistigen Functionen erhöht werden. Das Blut wird in den Venen scharlachroth und leicht gerinnbar, die Lungen zeigen sich entzündet und hochroth gefärbt. In den Versuchen von Allen und Pepys athmete unter Andern Einer von ihnen in $8^3/_4$ Minuten 54686 Cub. Cent. Sauerstoffgas und 1402 Cub. Cent. Stickgas ein und füllte mit dem geathmeten Gas, welches sich um 1936 C. C. vermindert hatte, 13 Gasometer; das exspirirte in diesen enthaltene Gas enthielt nun:

Nr. des Gasometers	Inhalt in C.C.	Kohlenst.	Stickgas	Sauerst.
		in 100 Vol. Gas		
1	4100	9	25	66
2 u. 3	9216	10,5	10	79,5
4—12	39065	12,3	5,7	82,0
13	1771	12,5	5,5	82,0

Marchand*) fand, als er Frösche in reinem Sauerstoffgas respiriren ließ, daß in 24 Stunden 100 Gramme Frosch 0,2237 Sauerstoff absorbiren und 0,05608 Kohlenstoff verbrennen und als Kohlensäure exhaliren, während 100 Grm. derselben Thiere einige Tage vorher in atmosphärischer Luft in 24 Stunden 0,1741 Sauerstoff absorbirt und 0,0522 Kohlenstoff verbrannt hatten; aus welchen Versuchen also hervorgeht, daß die Quantität der bei Anwendung von reinem Sauerstoffgas ausgeathmeten Kohlensäure sich fast gar nicht geändert, dagegen die absorbirte Sauerstoffmenge sich wesentlich vermehrt hat. Es muß also nothwendig durch die Einwirkung des Sauerstoffs eine bedeutendere Wasserstoffoxydation stattgefunden haben; in der That ist die doppelte Quantität Wasserstoff oxydirt worden, als bei Anwendung der atmosphärischen Luft. Bei der Sauerstoffrespiration muß nothwendig Stickgas ausgehaucht werden, wie dies schon von früheren Chemikern namentlich von Allen und Pepys beobachtet wurde, da diese Gasart, im Blute enthalten, durch die diffundirende Eigenschaft des eingeathmeten Sauerstoffes bei ausgetrieben werden müssen.

Auch das Stickstoffoxydulgas kann, wie schon H. Davy bemerkte eine Zeit lang ohne Nachtheil geathmet werden; es verursacht anfangs, ebenso wie das Sauerstoffgas, eine vermehrte Wärme in der Brust, der Puls wird schneller und stärker; im Verlaufe des Versuches fühlt man sich unwillkürlich zum Lachen, Springen und Jauchzen angeregt und der Zustand wird dem eines Berauschten ganz ähnlich. Davy giebt an, daß dieser Zustand nach dem Einathmen von 9450 C. C. dieses Gases fast drei Stunden angehalten habe; selbst bei oftmaliger Wiederholung des Versuches schien derselbe keine üblen Folgen zu hinterlassen, jedoch war der Rausch zuweilen von Schwindel und unangenehmen Beklemmungen begleitet. Längere Zeit eingeathmet ist es nicht im Stande das Leben zu unterhalten. Die Thiere, nach Davy die Mollusken und Insecten ausgenommen, leben in diesem Gase länger als im Wasserstoffgase, Fische z. B. $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde. Als Davy $4^1/_2$ Minuten lang eine und dieselbe Quantität dieses Gases, nach Entleerung der Lungen durch eine möglichst starke Exspiration, geathmet hatte fand er, daß das Stickstoffoxydulgas in bedeutendem Maße absorbirt werde, indem bei einem Versuche von 100 Volumentheilen dieses Gases 71, in einem zweiten Versuche 52 Theile verschwunden waren, wofür eine gewisse Quantität von Stickgas und Kohlensäuregas in dem exhalirten Gemenge sich vorfand, während an Sauerstoffgas nichts oder doch nur eine höchst geringe Menge ausgehaucht worden war.

Versuche über das Athmen der Thiere in Wasserstoffgas sind von Scheele von Davy, Spallanzani, Edwards, J. Müller u. A., neuester Zeit von Marchand angestellt worden. Es verursacht schon nach wen

*) A. a. O. S. 154.

gen Augenblicken Beklemmungen, Schwindel, sodann Schläfrigkeit, Abnahme der Athembewegungen und Pulsschläge und endlich einen ruhigen Tod. Die älteren Versuche sind gewöhnlich mit Wasserstoffgas ausgeführt worden, das nicht ganz frei von beigemengtem Sauerstoffgas war, weswegen die Zeit, während welcher ein Thier in einer solchen Atmosphäre aushalten kann, auch gewöhnlich viel zu lang angegeben worden ist; nach Marchand, der mit ganz reinem Wasserstoffgase operirte, lebt ein Frosch in diesem Gase nicht länger als $^1/_2$ bis 1 Stunde, während welcher Zeit (in 1 Stunde) 100 Gramme Frosch 0,0307 Kohlensäure = 0,0083 Gr. Kohlenstoff lieferten, während in atmosphärischer Luft die Menge des Kohlenstoffs nur 0,0036 betrug. In einem Gemenge aus gleichen Theilen Sauerstoff- und Wasserstoffgas athmen nach Lavoisier und Seguin*) Meerschweinchen ohne scheinbar unangenehme Beschwerden, wobei sie eine Absorption des Sauerstoffgases, nicht aber des Wasserstoffgases bemerkten. In einer Atmosphäre, die aus 21 Volumentheilen Sauerstoffgas und 79 Th. Wasserstoffgas zusammengesetzt ist, wird man nach einer Weile schläfrig, ohne ein sonstiges Zeichen von Uebelbefinden zu spüren. Allen und Pepys fanden, daß Meerschweinchen, die man in einer solchen Atmosphäre ließ, bald in einen tiefen Schlaf fielen, und sie beobachteten auch eine Absorption von Wasserstoffgas durch das Athmen unter gleichzeitiger Ausscheidung von Stickgas. Ist das Wasserstoffgas unrein, z. B. kohlen- oder schwefelhaltig, so sterben die Thiere augenblicklich und können nicht wieder ins Leben gebracht werden. Menschen können ohne Nachtheil eine Zeit lang Wasserstoffgas einathmen, besonders wenn es ein wenig atmosphärische Luft enthält.

Das Stickgas läßt sich etwa eine Viertelstunde lang einathmen, es erregt Kopfschmerz, Schwindel und macht zuletzt dem Leben des Thieres ein Ende, nicht wegen seiner giftigen Eigenschaften, sondern in Folge der Abwesenheit von Sauerstoff. Säugethiere, welche in 2 bis 3 Minuten asphyktisch werden, erholen sich sogleich wieder, sobald sie in atmosphärische Luft gebracht werden (Coutenceau). Legallois**) fand bei Versuchen mit Meerschweinchen in einem Gasgemenge, das aus etwa 90 Volumentheilen Stickgas und 10 Th. Sauerstoffgas bestand, eine Absorption von Stickgas, sowie eine zwar nicht absolut, aber nach Verhältniß der anwesenden Sauerstoffmenge relativ bedeutendere Absorption von Sauerstoffgas als beim Athmen in atmosphärischer Luft, während die Quantität der exhalirten Kohlensäure im Verhältniß zum absorbirten Sauerstoff steht.

Die Kohlensäure ist in reinem Zustande völlig irrespirabel, indem die Stimmritze, sowie diese mit dem Gase in Berührung kommt, sich krampfhaft verschließt (Davy); erst ein Gemenge von 30 Th. Kohlensäure und 70 Th. atmosphärischer Luft konnte Davy eine Minute lang einathmen, wobei er nur einen leichten Schwindel verspürte und etwas schläfrig wurde; wenn $^1/_8$ Volumen Kohlensäure von 1 Vol. Wasser gelöst ist, können in diesem keine Fische mehr leben (Humboldt und Provencal)***). Aus den zahlreichen Versuchen, welche Legallois†) über das Athmen in Gemengen von Kohlensäure und atmosphärischer Luft anstellte, geht als Resultat hervor,

*) Schweigg. Journ. Bd. X. S. 560. Ann. de Chim. T. XCI. p. 318 u. ff.
**) Schweigg. Journ. Bd. XX. S. 113—133.
***) Ebendas. Bd. I. S. 86 u. ff.
†) Ebendas. Bd. XX. S. 126.

daß in einer mit vieler Kohlensäure gemischten Atmosphäre mehr Stickgas ausg
athmet wird, als dies in der atmosphärischen Luft der Fall ist, indem der Stickstof
gehalt der letztern unter gleichen Verhältnissen nur um 2,29 Proc. erhöht wir
während die Zunahme in einer sehr kohlensäurereichen Atmosphäre 5,54 Pro
und darüber betragen kann; es verschwindet in der letzteren sogar ein Theil d
Kohlensäure durch das Athmen, so daß die Resultate desselben theilweise umgekeh
zu sein scheinen, im Vergleich zu denen, welche das Athmen in gewöhnlicher atm
sphärischer Luft darbietet. Ist der Gehalt der Luft an Kohlensäure = 25 Volume
procenten, so scheint weder eine Abscheidung noch eine Aufnahme der Kohlensäu
zu erfolgen; ist derselbe jedoch höher, so zeigt sich im Allgemeinen eine Vermind
rung, ist derselbe niedriger, eine Vermehrung der anwesenden Kohlensäuremen
(Legallois)*).

Tödtlicher als die bisher angeführten Gase und geradezu giftig wirken Ko
lenoxydgas**), Phosphor-, Schwefel- und Arsenikwasserstof
gas, indem sie schon, wenn sie auch nur in sehr geringer Menge der Luft bei
mischt sind, üble Zufälle und den Tod herbeiführen. Nach Dupuytren u
Thénard tödtet noch $^1/_{1500}$ des Volumens der atmosphärischen Luft an Schwef
wasserstoff einen Grünfinken, $^1/_{800}$ einen Hund und $^1/_{250}$ ein Pferd. — Die saur
und alkalischen Gasarten, wie kohlensaures, schwefeligsaures, sal
saures, Chlor-, Fluorbor-, Fluorkiesel- und Ammoniakgas
regen, wenn sie in großer Verdünnung mit andern athembaren Gasgemengen
die Lunge kommen, Erstickungszufälle; für sich eingeathmet verursachen sie sogle
krampfhafte Verschließung der Stimmritze, ehe sie noch in die Lunge kommen.

Schließlich mag hier noch der Versuche Marchand's Erwähnung gesche
welche sich auf das Verhalten der Frösche im hermetisch verschlossenen
im luftleeren Raume erstreckten. Bei einer Verdünnung der Luft von
Millimeter fingen die Frösche an unruhig zu werden und bald darauf fielen
in eine Lethargie; in einer bis auf 4 Millimeter verdünnten Luft schwollen
stark auf und lebten noch über 50 Minuten; bei dem Hineinlassen von Luft zi
sie wieder ganz zusammen, und nachdem dieses Auspumpen und Einlassen
Luft sechsmal wiederholt worden war, zeigte sich, daß sechs Frösche, die zusa
men 486,323 Gramme wogen, hierbei 0,605 Gr. Wasser und 0,242 Kohlensäu
geliefert hatten, also kamen auf 100 Gr. Frosch 0,0498 Gramme oder 24
Cub.-Centim. von 20° C. Kohlensäure. In Hinsicht auf das Verhalten der Frö
im abgeschlossenen Raume hat Marchand ferner eine große Anzahl von Ver
chen mitgetheilt, aus denen sich ergiebt, daß die Frösche im abgeschlossenen Ra
mehr Kohlensäure bilden und mehr Sauerstoff absorbiren, als während derse
Zeit in der freien atmosphärischen Luft, welches eine Folge der durch die Enge
Raumes bedeutend gesteigerten Respiration ist; ferner wird im abgeschlos

*) Daß der Tod der in einem abgeschlossenen engen Raume athmenden Thiere nicht
der Kohlensäure, sondern von dem Mangel an Sauerstoff herrührt, zeigte zuerst Edwar
indem er die erzeugte Kohlensäure absorbirt werden ließ. Die Thiere starben ebenso schn
als wenn die Kohlensäure gegenwärtig geblieben wäre. R.

**) Kohlenoxydgas ist die Ursache sehr vieler Todesfälle, da es sich aus glühenden K
len reichlich entwickelt. Legallois fand, daß ein Kilogramm glühende Kohlen einen Ra
von 25 Cubikmeter zum Athmen untauglich macht. Es bewirkt dieses Gas sehr schnell
gemeine Muskelschwäche, Erstickungsbeschwerden, Kopfschmerz, Betäubung und Tod. R.

Raume bedeutend mehr Sauerstoff im Verhältniß zu der Menge der gebildeten und ausgeschiedenen Kohlensäure aufgenommen, als in der freien Luft. Wird der Versuch längere Zeit fortgesetzt, so nehmen die Frösche fast nur so viel Sauerstoff auf, als nothwendig ist, um Kohlensäure zu bilden, wenn die Thiere schon matt geworden sind, z. B. durch tiefe und hohe Temperatur und Mangel an Nahrungsmitteln. Läßt man die Thiere endlich in dem abgeschlossenen Raume sterben, so findet man ein außerordentlich großes Volumen von Kohlensäure darin, wobei nothwendiger Weise eine nicht unbedeutende Menge Stickstoff absorbirt werden muß. Es wurden fünf Thiere, die kurz zuvor gefangen waren und 402,162 Grm. wogen, in den Apparat gebracht; während der Nacht waren sie gestorben und hatten 1,086 Grm. Kohlensäure = 0,296 Grm. Kohle ausgehaucht. Diese Kohlensäure würde circa 570 Cub.-Centim. betragen; der Cylinder enthielt 920 C.-C. Luft, von denen etwa 184 C.-C. Sauerstoff waren. Es mußte daher eine Menge Kohlensäure aus dem Blute gegen Stickstoffgas ausgetauscht worden sein und dadurch war auch eine viel größere Gewichtsvermehrung eingetreten, als durch die Sauerstoffaufnahme allein möglich war; diese betrug 1,086 Grm., während das Gewicht des im Apparate enthaltenen Sauerstoffs nur ungefähr 0,244 Grm. ausmachte. Es ist daher höchst wahrscheinlich, wenn nicht gewiß, daß die Thiere bei der Respiration der oft geathmeten Luft Stickstoff absorbiren und dabei ein unverhältnißmäßig größeres Volumen Kohlensäure exspiriren, als bei der Respiration mit normaler Luft.

Ueber die Veränderungen, welche das Blut durch die Respiration erleidet, haben wir in dem Artikel **Blut** das Nähere mitgetheilt.

Den **Einfluß**, welchen **äußere Agentien**, wie **Temperatur**, **Tageszeit** ꝛc. auf die **Erscheinungen der Respiration** ausüben, sowie die Einwirkung der **verschiedenen Zustände des Organismus**, des **Alters**, **Geschlechtes** ꝛc. wollen wir ganz in der Kürze behandeln. Wie die neuesten Respirationsversuche das Ergebniß der letzten Jahre sind, so gehören auch die Untersuchungen über diese Zustände fast ausschließlich der neuesten Zeit an und wir werden hier namentlich die von **Scharling**, **Andral** und **Gavarret**, **Marchand**, **Vierordt** und einigen Andern gemachten Mittheilungen berühren müssen.

Die **Temperatur** ist von großem Einfluß auf die Respiration, eine Thatsache, die namentlich für die anderen Thiere schon längst festgestellt war; schon **Provençal** fand, daß eine Honigbiene bei 22° R. fast dreimal mehr Kohlensäure erzeugte, als bei $11^1/_2$°. **Marchand** (a. a. O. S. 152) schließt aus seinen Versuchen, „daß die Frösche am meisten bei einer ziemlich niedrigen Temperatur, bis 14°, respiriren und daß hier eine Differenz von 6—7° wenig Einwirkung übt. Sinkt die Temperatur bis nahe zu dem Eispunkte, so wird die Respiration viel schwächer; sie nähert sich fast der reinen Kohlenstoffverbrennung, wie wir unten bei den abgehungerten Thieren finden werden. Dasselbe findet bei einer ziemlich hohen Temperatur von 28—30° statt, wobei die Thiere schon ziemlich matt waren. Hier war zwar die Respiration selbst stärker als bei 0°, indessen dasselbe Verhältniß zwischen aufgenommenem Sauerstoff und ausgeschiedener Kohlensäure." **Vierordt** ferner prüfte an sich selbst den Einfluß der Temperatur auf die Respiration des Menschen und fand*), daß die zunehmende Luftwärme eine

*) **Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 878 ff.**

bedeutende Abnahme in der Zahl und Tiefe der Athembewegungen, sowie in dem Kohlensäuregehalte der ausgeathmeten Luft bewirke, wogegen die Pulsfrequenz sich fast gleich bleibt. Die mittleren Resultate zahlreicher Versuche findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

		Mittel der niederen Temperaturen: 8°,47 C.	Mittel der höheren Temperaturen: 19°,40 C.	Differenzen der Werthe der respiratorischen Functionen
Pulsschläge	in 1 Minute	72,93	71,29	1,64
Athemzüge	in 1 Minute	12,16	11,57	0,59
Volumen einer Exspiration	in C. C.	548,0	520,8	27,2
Exspirirte Luft	in 1 Min. in C. C.	6672	6106	656
„ Kohlensäure	in 1 Min. in C. C.	229,33	257,81	41,52
Kohlensäure in 100 Raumtheilen ausgeathmeter Luft		4,28	4	0,20
Barometer		334‴,60	333‴,82	

„Nehmen wir die Mittelwerthe für die verschiedenen respiratorischen Functionen (welche bei der Pulsfrequenz 72,11, bei der Exspirationsfrequenz 11,86, hinsichtlich des Volumens einer Exspiration 534,4 Cub.-Centim., der in einer Minute ausgeathmeten Luft 6344 und der in derselben Zeit exspirirten Kohlensäure 278,5 Cub.-Centim., hinsichtlich der relativen Kohlensäure 4,38 Proc. betragen) und setzen dieselbe = 100, so erhalten wir für eine Temperaturabnahme von 10°,93 folgende Zunahme in der Energie der einzelnen respiratorischen Functionen: Pulsfrequenz 1,1 Proc., Exspirationsfrequenz 4,9, Volumen einer Exspiration 5,2, in 1 Minute Luft 10,9, in 1 Minute exhalirte Kohlensäure 14,9, relative Kohlensäure 4,6 Proc.“

Ueber den Einfluß des Luftdruckes auf die Respiration hat Vierordt (a. a. O. S. 880) gleichfalls Beobachtungen mitgetheilt, nach welchen ein Steigen des Barometers um 5‴,67 die verschiedenen respiratorischen Functionen in folgender Weise verändert:

Es werden vermehrt die Pulsschläge in 1 Minute um 1,3
„ „ „ „ Athemzüge „ „ „ 0,74
„ „ „ „ ausgeathm. Luft „ „ „ 586 Cub.-Centim.

„Dagegen wird die relative Kohlensäure um den bedeutenden Werth von 0,3 Proc. des Volumens der ausgeathmeten Luft vermindert. — Die Vermehrung des Volumens einer Exspiration um 0,6 Cub.-Cent. und die Verminderung der in einer Minute exhalirten Kohlensäure um 1,35 Cub.-Cent. sind so unbedeutend, daß man diese Veränderungen = 0 setzen müssen. — Die Ursache also der Erscheinung, daß der Kohlensäuregehalt der exspirirten Luft bei niederem Luftdrucke stärker als bei höherem, liegt einzig und allein in der stärkeren Athmungsfrequenz bei höherem Barometerstande, in deren Folge eine größere Quantität Luft inspirirt wird, so daß das Verhältniß der exspirirten Kohlensäure zu der überhaupt ausgeathmeten Luft alsdann eine Abnahme erleiden muß.“

Prout*) hat schon vor längerer Zeit auf den Einfluß der verschie-

*) Schweigg. Journ. Bd. XV. S. 47.

nen Tageszeiten auf die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure aufmerksam gemacht; die Menge derselben ist nach ihm zwischen 11 und 1 Uhr Mittags am größten, zwischen 6 und 8 Uhr ihrem Minimum nahe, das sie aber erst um Mitternacht erreicht, und dann steigt sie wieder bis um Mittag. Marchand (a. a. O. S. 149) fand, gleichwie Prout, daß die Kohlensäure-Production bei Tage stärker sei, als bei Nacht; bei kräftigen, kurz zuvor gefangenen Fröschen verhält sich die Kohlensäuremenge = 100 : 76,3, bei schwachen Thieren = 100 : 54,3; die aufgenommenen Sauerstoffmengen verhielten sich im ersten Falle = 100 : 80,3, im zweiten = 100 : 47,2; diese Abnahme in der Kohlensäure-Ausbauchung ist jedoch nach Vierordt einzig und allein dem Zustande der Ruhe während der Nacht zuzuschreiben. Andere Chemiker, wie Brande, Coathupe ꝛc., haben ganz andere Resultate erhalten und Vierordt endlich (a. a. O. S. 882) hat, in Uebereinstimmung mit Scharling, nachgewiesen, daß die bedeutenden Variationen, welche man in der Intensität der Respiration in den verschiedenen Tageszeiten bemerkt, von der Lebensweise abhängig sind; zur Zeit der Hauptmahlzeit fand Vierordt nämlich das Maximum der Kohlensäureausscheidung, unterließ er es aber, die gewohnte Nahrung zu sich zu nehmen, so sank die ausgeathmete Kohlensäure auch tief herab. „Die Modificationen, welche die Respiration zu Folge der Veränderungen in der Temperatur, Pression ꝛc. der Atmosphäre in den verschiedenen Tageszeiten erleidet, sind im Verhältniß zu den aus inneren Zuständen des Organismus resultirenden Einflüssen auf das Athmen so gering, daß sie kaum nachweisbar sein möchten.“ In der kalten Jahreszeit ist die Zunahme der Kohlensäureausscheidung während der Verdauung absolut und relativ stärker, als in der warmen. Die Verdauung bedingte zu anderen Tageszeiten, in welchen Vierordt allerdings weniger Nahrungsmittel zu sich nahm, eine ähnliche, jedoch etwas geringere Steigerung in der Energie der respiratorischen Functionen. Ebenso wie schon Prout fand auch Vierordt eine bedeutende Abnahme in der Kohlensäureausscheidung nach dem Genusse spirituöser Getränke; die Kohlensäure sank nämlich nach dem Genusse von einer halben bis einer Flasche Wein im Mittel aus vier Beobachtungen sehr schnell von 4,54 Proc. auf 4,01 Proc. und behielt eine bis zwei Stunden hindurch letzteren Werth bei. Dabei findet keineswegs ein schnelleres und tieferes Athmen statt, so daß nach dem Genusse der spirituösen Getränke auch die absolute Kohlensäuremenge bedeutend, d. h. um ein Achtel, abnimmt. Die Verdauung dauert länger, wenn wir Spirituosen zu uns nehmen, eine Thatsache, die selbst im Volk bekannt ist. Prout fand, daß die Wirkung der Spirituosen auf die Kohlensäureabscheidung bei leerem Magen auffallender und schneller, dagegen bei vollem Magen geringer, aber andauernder ist. Sehr ähnlich sind, demselben Forscher zufolge, die Wirkungen des starken Thees (a. a. O. S. 884). Die angeführte Beobachtung, daß die Respiration durch die Verdauung in hohem Grade verstärkt werde, war schon früher von mehreren Naturforschern, sowie von Spallanzani, Sorg und Zimmermann an Mollusken, Insecten und Säugethieren, von Scharling am Menschen, von Lassaigne und Vavart am Meerschweinchen gemacht worden, und zwar wurde von den Letzteren eine um $^1/_5$ stärkere Sauerstoffabsorption bemerkt, wenn mit stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln gefüttert worden war, als wenn man mit stickstofffreien fütterte. Valentin gelangte zu dem Resultate, daß Pflanzenfresser nur $^1/_{10}$ mehr Sauerstoff inspiriren als zur Bildung von Kohlensäure verwendet wird, während bei Fleisch-

freſſern (wie Hunde, Katzen ꝛc.) die Quantität des abſorbirten Sauerſtoffs die der ausgeathmeten Kohlenſäure wenigſtens um $^1/_5$ und ſogar bis zu $^1/_2$ überſteigt.

Marchand hat eine große Anzahl von Verſuchen über den Einfluß des Hungerns der Fröſche auf die Reſpiration derſelben angeſtellt und gefunden, daß dieſe Thiere bei fortſchreitendem Faſten immer weniger Sauerſtoff aufnehmen und weniger Kohlenſtoff aushauchen. Das Minimum der Kohlenſäureausſcheidung verhielt ſich in dem einen Verſuche wie 1 : 3,6, in einem andern, nicht ſo lange fortgeſetzten, wie 1 : 1,5. Dieſe Thatſache tritt erſt dann recht deutlich hervor, wenn die Thiere längere Zeit gefaſtet haben, nicht aber im Anfang des Verſuches. Sehr bemerkenswerth iſt, daß das Verhältniß des abſorbirten Sauerſtoffs zu dem ausgeathmeten Kohlenſtoffe anfangs fortwährend ſteigt, bis daſſelbe ungefähr 410 bis 430 : 100 geworden. Hierbei muß die größte Menge von Waſſerſtoff oxydirt worden ſein; ſodann ſinkt das Verhältniß, bis es faſt auf die bloße Oxydation des Kohlenſtoffs kommt, indem auf 100 Theile Kohle 270 Th. Sauerſtoff aufgenommen werden, während 267 die Bildung von Kohlenſäure erfordert haben würde. Iſt dieſes niedrige Verhältniß erreicht, ſo bleibt es ziemlich conſtant.

Während des Schlafes exſpirirt der Menſch nach Scharling etwa $^1/_4$ Kohlenſäure weniger als im wachen ruhigen Zuſtande. Scharling fand nämlich, daß ein Mann während des Schlafes Nachts von 11 bis 12 Uhr 6,2 Grm. Kohlenſtoff ausathmete, am anderen Tage zwiſchen 12 und 1 Uhr, nach eingenommener Mahlzeit, 9,19 Grm.; bei einem andern war das Verhältniß unter gleichen Umſtänden wie 8,56 : 11,11 Grm. — Bei ſtarker Bewegung und großer Anſtrengung wird beträchtlich mehr Sauerſtoff verbraucht als im Zuſtande der Ruhe (Seguin, Prout); Andral und Gavarret bemerkten, daß während der Schwangerſchaft die Ausſcheidung von Kohlenſäure etwas zunehme.

Einen bedeutenden Einfluß endlich üben im geſunden Zuſtande das Alter, das Geſchlecht und die Körperconſtitution aus, worüber namentlich Andral und Gavarret*) zahlreiche Verſuche mitgetheilt haben. Sie ſtellten nach ihren Beobachtungen folgende Folgerungen auf: Die Aushauchung von Kohlenſäure unter übrigens gleichen Umſtänden bei dem Manne durchſchnittlich um etwas ſtärker als bei dem Weibe; dieſe Verſchiedenheit iſt hauptſächlich merklich zwiſchen dem 16. und 40. Jahre, während welcher Epoche der Mann faſt zweimal ſo viel Kohlenſäure liefert als die Frau. Bei dem Manne wächſt die Menge der ausgeathmeten Kohlenſäure vom 8. bis zum 30. Jahre ohne Aufhören, und die ſtetige Wachſen wird plötzlich ſehr groß in der Periode der Pubertät. Nach dem 30. Jahre fängt die Ausathmung der Kohlenſäure an abzunehmen und dieſe Abnahme findet ſtufenweiſe um ſo merklicher ſtatt, je mehr ſich der Mann dem höheren Alter nähert; von dieſem Punkte an bis zur letzten Grenze des Lebens kann die Ausathmung der Kohlenſäure durch die Lunge wieder dieſelbe werden, wie ſie es gegen das Alter von 10 Jahren war. Bei dem Weibe nimmt die Ausathmung der Kohlenſäure nach demſelben Geſetze zu, wie bei dem Manne während der ganzen Dauer der Kindheit; aber zur Zeit der Pubertät, während zugleich die Menſtruation eintritt, hört dieſe Ausathmung, im Gegentheil wie es bei dem Manne

*) Journ. f. pr. Ch. Bd. XXIX. S. 331. Ann. de Ch. et Ph. T. III. Sér. V p. 129—150.

der Fall war, plötzlich in ihrer Zunahme auf und bleibt stationär (beinahe wie sie es in der Kindheit war), so lange die menstruellen Perioden sich in ihrem regelmäßigen Zustande erhalten. Vom Aufhören der Menstruation an (also auch während der Schwangerschaft) vermehrt sich die Menge der durch die Lunge ausgeathmeten Kohlensäure beträchtlich; nachher nimmt sie, wie bei dem Manne, ab, je nachdem sich die Frau dem höheren Alter nähert. — Wenn man das Körpergewicht mit der Menge des ausgeschiedenen Kohlenstoffs vergleicht, so ist diese viel bedeutender bei jüngeren Individuen, als bei Erwachsenen; die Kohlenstoffmenge beträgt nämlich für eine Stunde und ein Kilogramm Körpergewicht:

Jahre	Gramme
8	0,22461
15	0,18746
16	0,20228
18—20	0,18609—0,17538
29—40	0,18769—0,17730
40—60	0,14678—0,15420

Bei beiden Geschlechtern und in jedem Alter ist die durch die Lunge ausgehauchte Menge der Kohlensäure um so größer, je stärker die Constitution und je entwickelter das Muskelsystem ist.

Vierordt hat ferner durch eine große Anzahl von Versuchen und Beobachtungen gefunden, daß die Häufigkeit der Athmungsbewegungen auf die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure einen großen Einfluß hat, indem bei einer größeren Frequenz der Athemzüge in einer und derselben Zeit eine Abnahme der Kohlensäureausscheidung bemerkt wurde. Auch mit der Größe der Athembewegungen steht, nach Vierordt (a. a. O. S. 887—895), die Quantität der ausgeathmeten Kohlensäure in einem bestimmten Verhältniß; sie ist nämlich um so geringer, je größer das Volumen der auf einmal ausgeathmeten Luft ist.

Die im Wasser lebenden Thiere athmen meistens durch Kiemen. Die Fische bedürfen weniger Sauerstoff als gleichgroße warmblütige Thiere; sie finden sich nach Humboldt und Provençal hinsichtlich des Sauerstoffgehalts der sie umgebenden Flüssigkeit in der nämlichen Lage, wie ein Thier, welches in einem Gasgemenge athmet, das weniger als 0,01 Sauerstoff enthält; denn das Volumen der in dem Wasser aufgelösten Luft beträgt nie mehr als 027 des Volumens des Wassers und die aufgelöste Luft selbst enthält 0,31 reinen Sauerstoff. Die Fische absorbiren nicht allein mit den Kiemen, sondern mit der ganzen Oberfläche des Körpers Sauerstoffgas (Humboldt) und selbst in der freien Luft athmen sie durch die Kiemen, so lange sie naß sind, und absorbiren genau ebenso viel Sauerstoff, als in lufthaltigem Wasser, woraus sich ergiebt, daß das Athmen im Wasser sich weniger wesentlich vom Athmen in der Luft unterscheidet, als es auf den ersten Blick scheint, indem zum Athmen der Luft auch eine nasse Oberfläche der Lungen nöthig ist. Colestis fossilis verschluckt nach Erman Luft an der Oberfläche des Wassers, welche Luft in dem Darmkanal die beim Athmen gewöhnliche Veränderung erleidet und durch den Darmkanal wieder ausgestoßen wird*). Die Luft in der Schwimmblase der Fische, welche bald mehr,

*) Erman in Gilbert's Ann. Bd. XXX. S. 113. J. Müller, Physiolog. 1. Aufl. B. I. S. 297.

bald weniger Sauerstoffgas oder Stickgas enthält, als die atmosphärische Luft, dringt nicht von außen hinein, sondern wird von der innern Fläche des Organes selbst abgesondert. — Die Fische exhaliren bei weitem weniger Kohlensäure als die Säugethiere, indem bei gleichem Körpergewicht nach den Beobachtungen von Humboldt und Provençal und den Berechnungen von Treviranus das Verhältniß wie 0,01 Cubikzoll zu 0,52 sich herausstellt oder von den Säugethieren in derselben Zeit ungefähr 50mal mehr als von den Fischen ausgehaucht wird. Die Fische absorbiren übrigens, ebenso wie die durch Lungen athmenden Thiere, mehr Sauerstoffgas, als sie Kohlensäure ausathmen; diese beträgt höchstens $^4/_5$ und oft nur $^1/_2$ des verschwundenen Sauerstoffs. Auch bemerkten Humboldt und Provençal eine nicht unbedeutende Absorption von Stickgas, indem nämlich in einem Versuche beim Athmen 145,4 Sauerstoffgas nebst 57,6 Stickgas absorbirt und dafür 132 kohlensaures Gas excernirt worden war. Dagegen fanden sie keinen Verlust an Wasserstoffgas, als sie Fische in Wasser athmen ließen, das mit einem Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff geschwängert worden war. In Wasser, das mit reinem Stickgas und Wasserstoffgas gesättigt ist, schließen die Fische die Kiemendeckel und leben noch 5 bis 6 Stunden; in wässeriger Kohlensäure, wässerigem Chlor und in kohlensaurem Gase sterben sie schnell. In hermetisch verschlossenen Gefäßen sterben die Fische schon, nachdem sie dem Wasser höchstens $\frac{1}{100}$ seines Volumens an Kohlensäure mitgetheilt haben, und zwar an Mangel an Sauerstoff, weil Wasser in freier Luft erst dann tödtlich für die in ihr athmenden Thiere wird, wenn es $^1/_8$ seines Volumens an Kohlensäure enthält. Treviranus fand, daß die Mollusken selbst nach der vollständigen Absorption des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs noch fortfahren Kohlensäure zu entwickeln und daß stets Stickgas ausgeschieden wird, manchmal selbst mehr als Kohlensäure.

Bei den Insecten, welche mittelst Luftröhren oder Tracheen, die in ihrem ganzen Körper vertheilt sind, athmen, hat Treviranus in vielen Fällen eine ebenso starke Kohlensäurebildung gefunden, als bei den Säugethieren, und dieser Forscher erklärt die Kaltblütigkeit dieser Thiere trotz ihrer starken Kohlensäurebildung aus der bei ihnen stattfindenden Aushauchung von Stickgas, wobei Wärme wieder latent wird. Die Insecten athmen in freier Luft im Allgemeinen weniger Kohlensäure aus, als sie Sauerstoff absorbiren, und oft sollen die kaltblütigen Thiere 3 mal so viel Sauerstoff verzehren, als sie Kohlensäure wieder ausgeben. Bei vielen der niedrigsten Thiere scheint die Function des Athmens durch die ganze Haut verrichtet zu werden; auch diese absorbiren Sauerstoffgas und entwickeln dafür Kohlensäuregas.

Athmen der Pflanzen. Wir glauben, daß hier der Ort sei, in Kürze das Verhalten der lebenden Pflanze gegen die sie umgebende Atmosphäre zu berühren, indem man die hier auftretenden Erscheinungen insofern mit den bei den Thieren beobachteten vergleichen kann, als hier wie dort einerseits eine Aufnahme von gasförmigen Stoffen und andererseits eine Ausscheidung derselben stattfindet. Wir theilen hier einen kurzen Auszug aus einem von uns veröffentlichten Werke mit *). Bonnet machte zuerst die Entdeckung, daß grüne Pflan-

*) E. Wolff, „die chemischen Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur und Pflanzenphysiologie," Leipzig 1847. 3. Abschnitt.

gen, in Waſſer gelegt und den Strahlen der Sonne ausgeſetzt, ein Gas entwickeln, welches Prieſtley *) für das von ihm entdeckte Sauerſtoffgas erkannte, während Ingenhouß **) erſt die wahre Urſache dieſer Sauerſtoffentwicklung in der Zerſetzung der Kohlenſäure, welche bei Gegenwart von grünen Pflanzentheilen unter dem Einfluß des Sonnenlichtes ſtattfindet, auffand; Sennebier ***) endlich beſtätigte die ſchon von Bonnet, Prieſtley und Ingenhouß gefundenen Thatſachen, daß die Blätter im gekochten Waſſer keinen Sauerſtoff geben, und daß ganz friſche Quellwaſſer zur Erzeugung des Sauerſtoffgaſes geſchickter ſind, als andere, wodurch er zu dem Schluß gelangte, daß die gewöhnlich in dem Waſſer enthaltene Kohlenſäure es ſei, die den Blättern die Fähigkeit ertheile, Sauerſtoffgas unter dem Einfluß des Sonnenlichtes zu erzeugen. Th. de Sauſſure hat ſich vor Allen das Verdienſt erworben, durch eine große Anzahl von Unterſuchungen die von Ingenhouß und Sennebier gemachten Entdeckungen nach den verſchiedenſten Richtungen hin zu verfolgen, und dadurch wichtige Aufklärungen über die für die Pflanzenphyſiologie und Landwirthſchaft ſo bedeutungsvollen Fragen über die Aufnahme und Aſſimilation des Kohlenſtoffs durch die Pflanzen zu Wege gebracht. Er ſtellte †) die Behauptungen auf, daß die Pflanzen, wie die Thiere, beſtändig Kohlenſäure bilden, wenn ſie in der atmoſphäriſchen Luft leben, es ſei nun im Sonnenſcheine oder im Schatten; daß ſie, wie die Thiere, dieſe Kohlenſäure mit dem Sauerſtoff der Atmoſphäre bilden, und daß, wenn man dieſe Erzeugung nicht wahrnimmt, dieſes darin ſeinen Grund hat, weil, wie ſie gebildet wird, auch die Zerſetzung erfolgt; daß ferner die Gegenwart oder vielmehr die Ausarbeitung der Pflanzen in der Sonne nothwendig iſt; daß das Licht das Wachsthum der Pflanzen in ſo weit befördert, als es zur Zerſetzung der Kohlenſäure beiträgt, und daß die ſtärkſte Gabe von Kohlenſäure, die das Wachsthum der Pflanzen im Sonnenſcheine begünſtigt, ihm in der Dunkelheit ſchädlich wird. Sauſſure ††) verdanken wir ferner die Entdeckung, daß die Pflanzen mit dem Kohlenſtoff der Kohlenſäure auch einen Theil des Sauerſtoffs der letztern abſorbiren, indem die Menge des ausgehauchten Sauerſtoffs nicht völlig dem Volumen der abſorbirten Kohlenſäure entſpricht. Dieſelben Verſuche haben zugleich ergeben, daß mit dem Sauerſtoffgaſe auch eine gewiſſe Quantität Stickſtoffgas frei wird, und daß das Volumen dieſer beiden Gaſe zuſammen dem des verſchwundenen Kohlenſäuregaſes ſehr nahe gleich iſt, woher ſich erklärt, daß das Volumen der ganzen Luftmenge, trotzdem daß ein Theil des Sauerſtoffs von den Pflanzen zurückgehalten wird, nicht verändert iſt. Man muß annehmen, daß das entwickelte Stickſtoffgas aus den Zellen der Pflanzen herrührt oder zum Theil auch vorher von dem Waſſer abſorbirt geweſen war, welches mit den Wurzeln in Berührung kam, da es ſehr unwahrſcheinlich iſt, daß daſſelbe durch Zerſetzung einer ſtickſtoffartigen Subſtanz in der Pflanze ſelbſt entſtanden ſein ſollte, wie denn auch die von Bouſſingault ausgeführten Beſtimmungen des Stickſtoffgehalts verſchiedener Pflanzen, z. B. des Epheus, beweiſen, daß in der ganzen Pflanze weniger Stick-

*) Verſ. und Beobacht. Bd. I. S. 48 ff.
**) Experiments on Vegetables 1779.
***) Gren's Journ. d. Ph. Bd. I. S. 229 bis 242. 1795.
†) Crell's Ann. 1798. Bd. I. 25 bis 39.
††) Rech. chim. sur la végétat. p. 40 ff.

ſtoff enthalten ſei, als die ausgehauchte Quantität deſſelben in vielen Verſuchen beträgt. Es ließe ſich deshalb vermuthen, daß der in die umgebende Atmoſphäre übergetretene Stickſtoff durch einen Theil des aus der Kohlenſäure entbundenen Sauerſtoffs erſetzt worden ſei, und es würde daher das Volumen des entwickelten Sauerſtoffgaſes dem der verſchwundenen Kohlenſäure gleich und die letztere durch das erſtere erſetzt ſein. Jedoch haben die Pflanzen, wie ſich weiter aus den Verſuchen De Sauſſure's ergiebt, im Allgemeinen die Eigenſchaft, den Sauerſtoff aus der ſie umgebenden Atmoſphäre in ſich aufzunehmen, und zwar iſt das Vermögen nicht an die Zerſetzung der freien Kohlenſäure gebunden, denn jene Abſorption des Sauerſtoffs findet auch ſtatt, wenn gar keine Kohlenſäure vorhanden iſt; dieſes zeigt ſich beſonders im Dunkeln, denn während der Nacht nehmen die Pflanzen eine gewiſſe Menge Sauerſtoff auf, die nur zum Theil in Kohlenſäure verwandelt und wieder ausgeſtoßen wird (wobei alſo das Volumen der Luft ſich vermindert); werden ſie dann wiederum dem Sonnenlichte eine Zeit lang ausgeſetzt, ſo wird das verſchwundene Sauerſtoffgas allmälig wieder frei und die Luft, welche die Pflanzen umgiebt, erhält wieder dieſelbe Zuſammenſetzung und daſſelbe Volumen, wie ſie vor dem Verſuche zeigte. Sauſſure*) nennt dieſes Verhalten der Pflanzen Einhauchung (Einathmen, inspiration) und Aushauchung (Ausathmen, exspiration) und fand daſſelbe namentlich bei ſaftigen Pflanzen, wie bei den Cactusarten ſehr deutlich, indem dieſe anfangs keine Kohlenſäure bilden ſondern nur Sauerſtoffgas einſaugen und wiederum aushauchen, welchen Verſuch man mehrmals mit demſelben Blatte wiederholen kann. Er beobachtete ferner daß die Menge des abſorbirten Sauerſtoffs verſchieden ſei bei verſchiedenen Pflanzen, bei ungleicher Jahres- und Tageszeit, und ebenfalls bei den Individuen derſelben Species variire, nach ihrem mehr oder weniger entwickelten und geſunden Zuſtande. Die mit immergrünem Laube verſehenen Pflanzen abſorbiren weniger als diejenigen, deren Blätter jährlich abfallen; im Frühling iſt die Abſorption gewöhnlich größer, als im Herbſte.

Das Einathmen von Sauerſtoffgas durch die Pflanzen iſt kein mechaniſcher Proceß, denn dann müßte daſſelbe auch in einer Atmoſphäre von Stickſtoff oder Waſſerſtoffgas vor ſich gehen, welches jedoch nicht, wenigſtens nur in ſehr geringem Maße der Fall iſt; ebenſo wenig wird das eingeathmete Sauerſtoffgas durch Aufhebung des Luftdrucks oder durch Anwendung einer erhöhten Temperatur im Dunkeln wieder ausgetrieben. Es muß deshalb, wie es ſcheint, jene Einathmung auf einer chemiſchen Urſache beruhen, die darin beſteht, daß während der Nacht durch Einathmung von Sauerſtoff auf Koſten des in der Pflanze befindlichen Kohlenſtoffs Kohlenſäure gebildet wird, und daß dieſe Säure in dem Parenchym der Pflanze ganz oder zum Theil noch condenſirt bleibt, ſelbſt wenn auch das letztere mehr oder weniger mit Waſſer getränkt iſt; erſt der Einfluß des Sonnenlichtes bei jene Anziehung wieder auf und läßt das eingehauchte Sauerſtoffgas durch Zerſetzung der Kohlenſäure wieder austreten, wobei jedoch neben dem Kohlenſtoff ein Theil des Sauerſtoffs gebunden bleibt und aſſimilirt wird. Die Abſorption von Sauerſtoff und die Zerſetzung der Kohlenſäure im Tageslichte ſcheint von einer eigenen organiſchen Structur der Blätter bedingt zu ſein; denn dieſelbe hört auf, ſobald dieſe zerſtoßen und zerquetſcht dem Einfluß des Sonnenlichtes ausgeſetzt werden

*) Rech. chim. und Gilb. Ann. Bd. XVIII. S. 211 ff.

in diesem Falle bildet sich bei Tage wie bei Nacht aus dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft und dem Kohlenstoff der todten Masse nur ein wenig Kohlensäure, in Folge der sich zersetzenden vegetabilischen Substanz.

Alle grünen Theile der Pflanze haben nach Saussure's Beobachtungen die Eigenschaft, die Kohlensäure unter dem Einfluß des Sonnenlichtes zu zersetzen, dagegen verwandeln die andern Theile, wie Wurzeln, Holz, Blüthen ꝛc., das Sauerstoffgas der Atmosphäre wohl in Kohlensäure, können diese aber nicht wieder zersetzen, sondern führen sie durch die Saft- und Luftgefäße zu den grünen Theilen der Pflanze, um hier unter theilweiser Abscheidung von Sauerstoff die Veranlassung zu mannigfachen organischen Gebilden zu werden. In den Blüthen ist während der Thätigkeit ihrer Fructification die Absorption von Sauerstoffgas und dessen Verwandlung in Kohlensäure namentlich groß, und diese Umwandlung wird in weit höherem Grade von den Geschlechtsorganen, als von den Blumenblättern bewirkt *). Die grünen Früchte besitzen dieselbe zersetzende Kraft im Sonnenlichte wie die Blätter, nur in geringerem Grade **). Bérard's ***) hiervon abweichende Angaben, daß die Früchte im unreifen, wie im reifen Zustande unter allen Umständen, im Dunkeln, im Schatten oder in der Sonne, nur den Sauerstoff der Atmosphäre in Kohlensäure verwandeln und diese aushauchen, und daß dies jedenfalls im höheren Maße bei den grünen Früchten in der Sonne, als im Schatten der Fall sei, veranlaßten Saussure, seine früheren Versuche zu wiederholen und zu erweitern; er gelangte zu Resultaten, welche die Richtigkeit seiner früheren Behauptungen bestätigten, und die Differenzen zwischen seinen und Bérard's Resultaten haben nach ihm ihren Grund darin, daß Bérard die Früchte in einen Raum einschloß, welcher deren Volumen nur um 6 bis 8mal überstieg, und welcher zu eng war, als daß nicht die Früchte durch die Nähe oder Berührung mit den Wänden des durch die Sonne erhitzten Recipienten leiden mußten; einige dicke fleischige Pflanzen halten diese Probe zwar aus, aber mehrere Früchte erfordern eine schonsamere Behandlung, nicht allein als die dickblättrigen Pflanzen, sondern selbst als die zartesten Blätter ****). Auch Converchel †) bestätigte durch neue Versuche über das Verhalten der reifen und unreifen Früchte gegen die sie umgebende Atmosphäre im Ganzen die von Saussure ††) aufgestellten Behauptungen.

Hinsichtlich der Beobachtung von Humboldt, De Candolle und Marcet, daß die Pilze und Schwämme, unter Wasser der Sonne ausgesetzt, eine ansehnliche Quantität von Wasserstoffgas entwickeln, können wir hier das Nähere übergehen und bemerken nur, daß aus des Letztern später mitgetheilten Versuchen †††) hervorzugehen scheint, daß die Pilze die atmosphärische Luft, bei Tage sowohl wie bei Nacht, sehr bald verderben theils dadurch, daß sie den Sauerstoff derselben

*) Saussure; Ann. de Ch. et de Ph. T. XXI. p. 279 — 296. 1822.

**) Rech. chim. sur la végétation p. 57 u. 129.

***) Ann. de Ch. et de Ph. T. XVI. p. 152—183 u. 225—251. 1821.

****) Saussure in d. Ann. de Ch. et de Ph. T. XIX. p. 143—165 u. 225—244. 1821.

†) Ann. de Ch. et de Ph. T. XLVI. 147 ff.; Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 398—434. 1831.

††) Vgl. auch Frémy: Ueber das Reifen der Früchte, Journ. f. pr. Ch. Bd. XXXV. S. 469 ff.

†††) Ann. de Ch. et de Ph. T. LVIII. p. 407—427. 1835.

absorbiren und mit ihrem Kohlenstoff zu Kohlensäure verbinden, theils dadurch, daß sie ganz aus ihren eignen Bestandtheilen Kohlensäure erzeugen, wenn der Versuch lange genug fortgesetzt wird. Auch aus Hoffmann's *) Versuchen über das Verhalten der Pilze, Schwämme und Moose ergiebt sich, daß die Vegetationsbedingungen der Zellenpflanzen von denen der Gefäßpflanzen sehr abweichen, indem die durch die Pilze ausgeathmete Quantität der Kohlensäure die schon an und für sich beträchtlich ist, durch die höhere Reife der Pilze, besonders aber unter Einfluß des Sonnenlichts, im Gegensatz zur völligen Dunkelheit bedeutend zunimmt, während bei den Gefäßpflanzen die Sonne gerade umgekehrt die Menge der Kohlensäure vermindert. Hoffmann knüpft hieran die Bemerkung, daß die Zellenpflanzen, wie auch überhaupt die parasitischen Pflanzen, denen fertige Nahrungsstoffe und in andern Fällen vielleicht auch humusartige Substanzen zur Nahrung dienen sollen, sich den Gefäßpflanzen, welche aus einfachern Stoffen, aus Kohlensäure und Wasser z. B., ihr Gewebe bilden, entgegengesetzt verhalten und Kohlensäure abscheiden müssen; die Organe selbst zur Sauerstoffabscheidung fehlen ihnen, indem sie meist ohne Chlorophyll sind, oder eine grüne Farbe besitzen, die schon dem Anschein nach merklich von derjenigen der übrigen Pflanzen abweicht.

Schon aus den von Sennebier mitgetheilten Versuchen ergab sich, daß die grünen Blätter der Pflanzen unter dem Einfluß des Sonnenlichtes im Stande sind, sowohl die in Wasser aufgelöste wie auch die freie ihnen durch die Luft zugeführte Kohlensäure zu zersetzen, daß also den Pflanzen gleichzeitig die Kohlensäure welche sie mittelst ihrer Wurzeln mit der Feuchtigkeit aus dem Boden aufsaugen und die in der Atmosphäre vorhandene Kohlensäure zur Nahrung dienen kann. Alle hier mitgetheilten Versuche und Beobachtungen verschiedener Chemiker haben diese Thatsache bestätigt; freilich beziehen sich die angeführten Versuche hauptsächlich nur auf die Vegetation von Pflanzen in der künstlich mit Kohlensäure gemengten atmosphärischen Luft, also in einer Luft, die weit reicher an dieser Säure ist als die atmosphärische Luft selbst; man kann nun schon aus der schnellen Zersetzung einer größeren Menge von Kohlensäure schließen, daß dieselbe Zersetzung durch die Blätter der Pflanzen auch da stattfinden muß, wo diese Säure, wie es in der Natur zu sein pflegt, in einem bestimmten Raume nur in geringer Menge vorhanden ist, und daß dieses wirklich der Fall ist, hat Bousſingault ***) vor Kurzem auf eine directe Weise dargethan.

Sennebier †) und später auch Helbig (a. a. O.) bemerkten, daß der violette Strahl des Lichtes das Vermögen, mittelst der grünen Theile der Pflanzen die Kohlensäure zu zersetzen, im höheren Grade besitze als die übrigen gefärbten Strahlen, während Draper ††) in neuerer Zeit die Beobachtung machte, daß nur das orangefarbene, gelbe und grüne Licht, namentlich das gelbe, die Entwicklung eines Gases und somit die Zersetzung der Kohlensäure veranlassen, daß daher die Zersetzung von den Lichtstrahlen selbst bewirkt werde, dagegen die Wärmestrahlen

*) Annalen f. Chemie und Pharm. Bd. LIII. S. 242—252. 1845.
**) Gilby in Ann. de Ch. et de Ph. T. XVII. p. 64—71. 1821.
***) S. dessen Landwirthschaft. Th. I. S. 45.
†) Abhandlungen über d. Einfluß des Sonnenlichtes auf alle drei Reiche der Natur. Th. II. S. 97.
††) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXXI. S. 21—39.

(die größte Wärme lag bei dem zu diesen Versuchen angewendeten Prisma jenseits des rothen Strahles), wie auch die sogenannten tithonischen Strahlen (die höchste Wirkung derselben lag nach dem grünen Strahle zu, welches nicht mit der Stelle der stärksten Zersetzung, die der gelbe Strahl war, übereinstimmte) keinen Theil an dem Phänomen haben.

Die meisten Pflanzenphysiologen und Chemiker sind, besonders nach dem Vorgange Sauſſure's, der Ansicht, daß die grünen Theile der Pflanzen und namentlich die Blätter während der Nacht die in ihrer Atmosphäre sich vorfindende Kohlensäure erst aus dem Sauerstoff der Luft und ihrem eigenen Kohlenstoff bilden, so daß also die Aushauchung der Kohlensäure durch die Pflanzen während der Nacht als ein wahrer Athmungsproceß, der wie bei den Thieren eine Entkohlung zur Folge habe, zu betrachten wäre. Nach Liebig *) giebt es kaum eine Meinung, deren Basis schwankender, sogar unrichtiger wäre; nach ihm ist die Kohlensäure schon fertig gebildet von den Blättern, ist von den Wurzeln mit dem Wasser aufgenommen worden und wird mit der Abnahme des Lichtes nicht mehr erzeugt, bleibt aber in dem Safte aufgelöst, der alle Theile der Pflanze durchdringt; in jedem Zeitmomente verdunstet mit dem Wasser aus den Blättern eine ihrem Gehalt entsprechende Menge Kohlensäure. Bekanntlich absorbiren die Pflanzen während der Nacht eine beträchtliche Quantität Sauerstoffgas aus der sie umgebenden Atmosphäre, die nach Sauſſure, Griſchow u. A. sogar größer sein kann, als die der ausgehauchten Kohlensäure (s. oben). Liebig betrachtet nun diese Sauerstoff-Absorption als einen rein chemischen Proceß, der durch die Wechselwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Bestandtheile der Blätter, Blüthen und Früchte veranlaßt wird; die grünen Theile der Pflanzen nämlich, welche flüchtige Oele enthalten, die sich durch Aufnahme des Sauerstoffs in Harz verwandeln, und diese, in deren Safte sich die Bestandtheile der Galläpfel befinden, oder stickstoffhaltige Materien werden mehr Sauerstoff aufnehmen, als die, worin diese Bestandtheile fehlen. In der Nacht findet also, nach Liebig, ein reiner Säurebildungs-Oxydationsproceß statt, am Tage und gegen Abend stellt sich der Proceß der Sauerstoffausscheidung ein; die Säure geht in Substanzen über, welche Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältniß wie im Wasser, oder noch weniger Sauerstoff enthalten, wie in allen geschmacklosen und bittern Materien. Dieser während der Nacht in Folge eines chemischen Processes absorbirte Sauerstoff wird am Tage von den Pflanzen in größerer Quantität wieder zurückgegeben, für welche Thatsache, ist der die Verbesserung der atmosphärischen Luft durch den Vegetationsproceß der Pflanzen beruht, Liebig zunächst an die wasserstoffreichen Substanzen der Pflanzen erinnert, die den überschüssigen Wasserstoff nur durch eine Zersetzung des Wassers, also unter gleichzeitiger Freiwerdung von Sauerstoff, aufgenommen haben können, und ferner als Beweis die Beobachtung anführt, daß, wenn die Oberfläche von Teichen und Gräben, deren Boden mit grünen Pflanzen bedeckt ist, im Winter friert und also das Wasser von der Atmosphäre völlig durch eine Schicht klaren Eises abgeschlossen ist, man während des Tages, und besonders während die Sonne auf das Eis fällt, unaufhörlich kleine Luftbläschen von den Spitzen der Blätter der kleineren Zweige sich lösen sieht, die sich unter dem Eise zu großen Blasen sammeln; „diese Luftblasen sind reines Sauerstoffgas, was sich beständig ver-

*) Agriculturchemie, 5. Aufl. S. 33.

mehrt; weder bei Tage, wenn die Sonne nicht scheint, noch bei Nacht läßt sich eine Verminderung beobachten. Dieser Sauerstoff rührt von der Kohlensäure her, die sich in dem Wasser befindet, und in dem Grade ersetzt wird, als sie die Pflanzen hinwegnehmen; sie wird ersetzt durch fortschreitende Fäulnißprocesse der abgestorbenen Pflanzenüberreste. Wenn demnach diese Pflanzen Sauerstoffgas während der Nacht einsaugen, so kann diese Menge nicht mehr betragen, als das umgebende Wasser aufgelöst enthält, denn der in Gasform abgeschiedene wird nicht wieder aufgenommen." Diese Beobachtung Liebig's scheint in ähnlichen Davy's *), Daubeny's **) und Aimé's ***) ihre Bestätigung zu finden.

E. W.

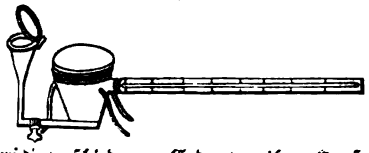
Atholpresse, s. Presse.

Atmometer (v. d. griech. ἀτμός Dampf), Atmidometer oder Evaporometer (v. d. lat. vapor, Dunst), Verdunstungsmesser (lat. atmometrum, evaporatorium, exatmoscopium), ein Instrument, dessen man sich bedient, um die Masse von Wasser zu bestimmen, welche verdunstet, d. h. welche innerhalb einer gewissen Zeit und unter gewissen Verhältnissen bei den gewöhnlich vorkommenden Temperaturen in Dampf umgewandelt wird. Das sich zunächst darbietende Verfahren ist, daß man ein offenes Gefäß der Luft aussetzt und den nach einer gewissen Zeit erlittenen Gewichtsverlust bestimmt, welcher von der Verdunstung herrührt. So setzt man z. B. ein $^1/_2$ bis 1 Quadratfuß Fläche darbietendes bleiernes Gefäß von 3 Zoll Tiefe auf eine Wagschale und bringt durch Gewichte auf der andern die Wage ins Gleichgewicht. Sowie nun das Wasser verdunstet, erhält die Schale mit den Gewichten das Uebergewicht und die Größe desselben beobachtet man an der Zunge des Wagebalkens, welche vor einem eingetheilten Kreisbogen spielt. Bei derartigen Versuchen nimmt man im Allgemeinen an, daß die Größe der Verdunstung mit der Oberfläche im Verhältniß stehe, d. h. daß, wenn eine gewisse Quantität Wasser = q von 1 Quadratfuß Wasserfläche verdunstet, von einer Fläche von 100 Quadratfuß eine Quantität Wasser = 100 q verdunste. Wie richtig dieser Satz im Allgemeinen ist, so findet er doch gerade auf kleinere Gefäße keine Anwendung; hier ist nämlich die Größe der Seitenflächen, welche der Luft ausgesetzt sind, sowie die Nähe des Bodens an der verdunstenden Fläche (d. h. die Tiefe des Gefäßes) von unbestreitbarem Einflusse. Daher ist das Atmometer überhaupt ein sehr unzuverlässiges Instrument und kann höchstens nur zu vergleichenden Bestimmungen über das Verhältniß der Verdunstung unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen dienen; niemals aber wird man einen Schluß auf der Verdunstung des Atmometers auf die einer großen Wasseransammlung oder des feuchten Erdbodens machen können. Aber auch die atmosphärischen Bedingungen sind so unzähligen Modificationen und einem so steten Wechsel ausgesetzt, daß es höchst schwierig ist, sie alle, welche Einflüsse auf die Verdunstung haben, in jedem einzelnen Falle zu bestimmen. Um zu bestimmen, wie groß der Verlust durch Verdunstung an einer Wasseroberfläche sei, kann man ein Wasser enthaltendes offenes Gefäß bis zum Wasserspiegel in einen größeren Wasserbehälter einsenken und

*) Agriculturchemie, 5. Vorlesung.
**) Philos. Transact. Part. I. 1836.
***) Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. T. II. p. 535—538. 1844.

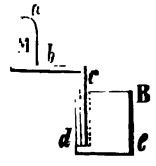
Höhe der durch Verdunstung verschwundenen Wassersäule an einer Scale messen *). Um die Menge des von stets feuchter Erde verdunstenden Wassers zu bestimmen, hat Bellani **) Fig. I. ein heberförmiges Gefäß vorgeschlagen, dessen einer hin-

I.



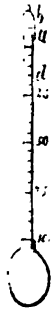
länglich weiter Schenkel mit einem Deckel von wenig gebrannter und unglasirter, daher poröser Erde verschlossen ist, welche durch das aufsteigende Wasser stets feucht erhalten wird. Zweckmäßiger würde es nach Muncke ***) sein, mit Rücksicht auf die verschiedenen Erdarten ihre Kraft, die Feuchtigkeiten festzuhalten, und die dieser umgekehrt proportionale Größe der Verdunstung vermittelst eines einfachen Apparates zu messen. Dieser dürfte nur aus einem blechernen Gefäße M, unten mit der einmal gebogenen Röhre b c Fig. II. versehen, und einem andern, mit der

II.



zu untersuchenden Erdart gefüllten B von bekannter Oberfläche bestehen, welches letztere am zweckmäßigsten in die Erde gegraben werden müßte, um den Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Seitenwände zu vermeiden. Im Gefäß B ist ein Raum durch eine mit feinen Löchern versehene Platte so abgesondert, daß das Rohr c höher und tiefer hineingesenkt werden kann. Wird dann die Oeffnung der Röhre c mit dem Finger verschlossen, das Gefäß M durch die obere Oeffnung mit Wasser gefüllt und mit der Schraube a luftdicht verschlossen, dann die Röhre c in den ihr bestimmten Raum im Gefäße B schnell hineingesenkt, so wird das Wasser vermöge des Druckes bis zu einer durch die Tiefe, bis zu welcher die Oeffnung der Röhre hinabgedrückt wird, bestimmbaren Höhe steigen und hiernach die Erde von unten aufwärts mehr oder weniger feucht werden. Die Stärke der Verdunstung wie sich dann entweder nach dem Gewichte oder nach dem Maße bestimmen. Ein von Leslie ****) angegebenes Atmometer besteht aus einem leicht gebrannten,

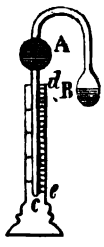
III.



poröfen, das Wasser durchlassenden thönernen Gefäße A Fig. III. In dasselbe wird die Glasröhre d eingesenkt, welche calibrirt und so eingetheilt ist, daß ein Ueberzug der Kugel von Wasser, 0,001 Zoll betragend, einem Grade derselben entspricht. Oben ist die Röhre mit der Fassung a versehen, welche mit der Schraube b fest verschlossen werden kann. Sowie also das Wasser im Gefäße A an die Oberfläche dringt, dort verdunstet und daher sinkt, wird eine Luftblase in der Röhre c d aufsteigen und das Wasser nachsinken, wodurch man die Quantität des verdunsteten messen kann. Ist die Röhre gefüllt, zugeschraubt und in das mit Wasser gefüllte Gefäß gesenkt, so wischt man letzteres außen ab und hängt das Ganze im Freien auf, verhütet aber das Herabträufeln des Wassers von der Kugel, welches bei schwacher Verdunstung wohl stattfinden könnte. Ist dann die Oberfläche der stets feuchten Kugel bekannt und die Quan-

*) Vgl. Sauffure, Essais sur l'hygrométrie etc. Laus. 1783. §. 249.
**) Brugnatelli Ann. di Fis. Dec. II. III. p. 166.
***) Gehler N. A. Bd. I. S. 435.
****) Ann. of Phil. T. I. p. 467. Vgl. Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Von J. Leslie. Uebers. v. Brandes. 1823. S. 84.

tität des in gegebener Zeit verdunsteten Wassers gleichfalls, so hat man die Stärke der Verdunstung, welche nicht geändert wird, die Oberfläche mag glänzend vom Wasser oder anscheinend trocken sein. Mehr ein Hygrometer als ein Atmometer ist das von Anderson *) angegebene Instrument. An eine, etwa eine Linie weite Glasröhre wird die Kugel A und an das krummgebogene Ende derselben die andere B geblasen, letztere mit Weingeist gefüllt, dieser einige Zeit im Sieden erhalten, und wenn dadurch der Apparat luftleer geworden ist, das in eine Spitze ausgezogene Ende der Röhre bei c zugeblasen, dann der Apparat an die Scale de befestigt, die Kugel A mit feinem leinenen oder baumwollenen Zeuge umgeben, und dieses aus einem nebenstehenden Gefäße mit Wasser vermittelst eines Streifens Zeug oder Papier stets feucht erhalten. Indem das Wasser der feuchten Hülle, welche die Kugel A umgiebt, verdunstet, wird Kälte erzeugt, der Weingeist wird aus der Kugel B durch Verdunstung in die Kugel A geführt und sinkt von hier in die Röhre c herab, so daß man aus der Höhe, bis zu welcher er darin steht, auf die Trockenheit der Luft und die Stärke der Verdunstung schließen kann. Ist nämlich die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt, so findet gar keine Verdunstung statt und die Röhre bleibt leer. Sauſſure **) hat ein Atmometer angegeben, um mittelst desselben die austrocknende Kraft der Atmosphäre zu bestimmen, welche auf Verdunstung beruht. Er wählte hierzu ein Rechteck von feiner Leinwand, 13 und 10 Z. Seite haltend, spannte dieses in einen leichten Rahmen so, daß es denselben nirgends berührte, befeuchtete die Leinwand und wog sie auf einer feinen Wage, so daß sie gerade eine Gewichtszunahme von 150 Gran erhielt. Wenn der Apparat diese Gewichtszunahme erhalten hatte, so hängte er 6 Z. weit von demselben, der Mitte der Leinwand gegenüber, ein empfindliches Thermometer auf und beobachtete von 20 zu 20 Min. den Gewichtsverlust, bis dieser 60 bis 65 Gr. betrug, indem der Rest zu stark festgehalten und die Verdunstung dadurch unregelmäßig wurde.



Atmosphäre (v. d. griech. ἀτμός Dunst, Dampf, Gas und σφαῖρα Kugel), Luftkreis, Dunsthülle bezeichnet im Allgemeinen eine Masse ausdehnsamer Flüssigkeit, von welcher ein fester oder tropfbar-flüssiger Körper umgeben ist. So stellt man künstliche Atmosphären von verschiedenen Gasen oder Dämpfen her, indem man Gefäße mit diesen Gasen oder Dämpfen erfüllt, um das Verhalten gewisser Körper in den sie umgebenden Flüssigkeiten zu prüfen. Man bezeichnet auch die Umgebungen von einem Aether (s. d. Art.), welche man zu Erklärung gewisser Erscheinungen angenommen hat, sowie von andern hypothetischen Stoffen (z. B. Elektricität, Magnetismus, Licht) als Atmosphären. Vorzugsweise nennt man jedoch Atmosphären die Dunst-, Dampf- und Gashüllen, mit denen alle oder doch gewiß viele Weltkörper und so namentlich auch die Erde umgeben ist.

I. Die Atmosphäre der Erde besteht theils aus Gasen, theils aus Dämpfen, im Allgemeinen (atmosphärische) Luft genannt; richtiger nennt man nur den aus Gasen bestehenden Hauptbestandtheil der Atmosphäre die Luft.

Die atmosphärische Luft ist nicht, wie man früher glaubte, ein einfaches Gas, ein unzerlegbares Element, sondern ein Gemenge aus verschiedenen gasför-

*) Edinb. Encycl. art. Meteorologie. Schweigger's Journ. Bd. XXVIII. S. 328.
**) Journ. de Phys. T. XXXIV. p. 161. Gren Journ. Bd. I. S. 443.

nigen Substanzen, die wir hier einzeln hinsichtlich der Menge, in welcher sie in er Atmosphäre zugegen zu sein pflegen, einer näheren Betrachtung unterwerfen ollen und zwar zunächst diejenigen, welche die

1) Wesentlichen oder Hauptbestandtheile der Atmosphäre usmachen, unter welchen wir den Stickstoff, den Sauerstoff und die Kohlensäure erstehen, von denen freilich die letztere nur in sehr geringer Menge auftritt und uch im Vergleich zu den beiden andern Gasen verhältnißmäßig bedeutenden chwankungen unterworfen sein kann, dennoch aber wegen der beständigen Gegenart derselben in der Atmosphäre zu allen Jahreszeiten zu den wesentlichen Bemndtheilen derselben gerechnet werden muß. Wir werden im Folgenden nur die esultate der quantitativen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Atmohäre mittheilen, ohne hier die Methoden, mit deren Hülfe man zu denselben langt ist, näher zu erörtern. In Betreff der letzteren verweisen wir auf den rtikel Eudiometer.

a) Sauerstoffgehalt der Luft. Da der Sauerstoff und Stickstoff n allen Bestandtheilen bei weitem in größter Menge in der Atmosphäre zugegen d, so versteht man gewöhnlich unter dem Ausdruck atmosphärische Luft er Luft schlechtweg ein Gemenge dieser beiden Gase, wenn ihre Mengen zu einder in dem Verhältniß von ungefähr 21 : 79 stehen. Schon gegen die Mitte des 1. Jahrhunderts hatte man die Beobachtung gemacht, daß die in einem verschlosen Raume abgesperrte Luft nur eine Zeit lang fähig sei, den Verbrennungsorg zu unterhalten, und daraus entnommen, daß dieselbe zusammengesetzter ur sein müsse. Jedoch konnte man über den Verbrennungsproceß selbst, wie er die Producte desselben und somit auch über die Zusammensetzung der Atmoäre eine richtige Vorstellung erst gewinnen, nachdem Priestley *) und gleichig und unabhängig von ihm Scheele im Jahre 1774 das reine Sauerstoffgas rgestellt und dessen Gegenwart in der Atmosphäre nachgewiesen hatten. Schon riestley hat ziemlich genau das Verhältniß ermittelt, in welchem der Sauerstoff d Stickstoff in der Atmosphäre vorhanden sind, indem er nämlich fand, daß das lumen der Luft, nachdem er Kohlen in derselben verbrannt und die dadurch standene Kohlensäure mittelst Kalkwasser entfernt hatte, fast genau um ein Fünfrmindert worden war. Scheele **) dagegen fand den Gehalt der Luft an uerstoff im Mittel zu 27,58 Proc. und Lavoisier ***) damit nahe übereinmmend zu 27,0 Proc. Mit Uebergehung der ungenauen Luftanalysen von ntana (1774), Landriani (1775), Magelhaens (1777), Ingenuß, Achard (1786) u. A. bemerken wir hier nur, daß Cavendish ****) Erste war, welcher die Zusammensetzung der Luft vollkommen genau bestimmte, nn er schon im Jahre 1783 die Behauptung aufstellte, daß die bisher gefunen Differenzen in der Zusammensetzung der Luft wahrscheinlich nur in Versuchsfern ihren Grund hätten, daß das Verhältniß der Bestandtheile der Atmosphäre ständig sei und die letztere 20,84 Volumenprocente Sauerstoff enthalte. Mit

*) S. Crell's Journ. 1774. Bd. I. S. 199—202.
**) Opusc. chem. et phys. 1788. T. I. p. 193.
***) Lavoisier, System der antiphlogist. Chemie. Bd. I. S. 65. 1792.
****) S. Hopp, Gesch. d. Chemie, Th. III. S. 210 u. 211.

der angegebenen Zahl nahe übereinstimmend fand Berthollet *) in der Luft zu Paris und zu Kairo, zu sehr verschiedenen Zeiten und unter einem sehr verschiedenen Klima, constant 22,0 Proc., De Marti **) in Catalonien zu jeder Jahreszeit und bei jedem Zustande der Witterung 21,0, ohne jemals 22,0 zu erreichen, Th. de Saussure ***) beständig 22,0, Berger ****) zu Genf und auf den französischen und schweizerischen Alpen 21,0, Gay-Lussac †) in der auf seiner berühmten Luftfahrt am 16. September 1804 in einer Höhe von 3400 Toisen gesammelten Luft 21,49 Proc. Sauerstoffgas. Aber erst seitdem Humboldt und Gay-Lussac ††) in den Monaten November und December des Jahres 1804 in 29 Analysen einer Luft, die zu Paris bei heiterem, regnerischem und trübem Wetter, bei verschiedenen Winden und bei sehr abweichenden Temperaturverhältnissen aufgefangen worden war, stets 21,0 Volumentheile Sauerstoffgas gefunden hatten, wurde die Ansicht, daß in der atmosphärischen Luft das Verhältniß zwischen Sauerstoff und Stickstoff ein constantes sei, fast allgemein die herrschende. Aehnliche Resultate, wenn auch mit geringen Abweichungen, erhielt später De Saussure im Jahr 1816 †††) (zwischen 20,6 und 21 Proc. Sauerstoff) und 1836 ††††) (im Mittel 21,05 Proc.). Ueber die im letzteren Jahr ausgeführten Analysen findet man die näheren Angaben in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Ort	Tag 1836	Wetter und Wind	Sauerstoffgehalt
See	Juli 18.	ruhig, heiter	21,08
Chambeisy †††††).	Aug. 3.	heiter, schwacher NO. . .	20,98
" . . .	" 16.	heiter, mäßiger SW. . .	21,03
" . . .	" 25.	heiter, schwacher NO. . .	21,03
" . . .	" 27.	regnerisch, sehr heftiger SW.	21,13
" . . .	" 27.	dto. dto. dto.	21,15
" . . .	Sept. 13.	heiter, schwacher NO. . .	21,08
See	" 13.	dto. dto. dto.	21,09
Chambeisy . . .	Nov. 5.	bedeckt, ruhig	20,98
" . . .	" 21.	bedeckt, heftiger NO. . .	21,086
" . . .	Dec. 13.	ruhig, neblig	21,006
" . . .	" 24.	bedeckt, heftiger NO. . .	21,1
" . . .	" 28.	heiter, heftiger NO. . . .	21,0
See	" 29.	hell, bedeckt, schwacher SW.	21,04
		Mittel	21,05

*) Gilb. Ann. Bd. V. S. 341 — 351.
**) Scherer, Journ. Bd. VIII. S. 57—75.
***) Gilb. Ann. Bd. I. S. 505—509. 1799.
****) Gilb. Ann. Bd. XIX. S. 412—416.
†) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 35.
††) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 38—92.
†††) Gilb. Ann. Bd. LIV. S. 224.
††††) Pogg. Ann. Bd. XXXVIII. S. 171.
†††††) Chambeisy ist eine Wiese, eine Lieue von Genf.

Hildebrandt *) fand ebenfalls im Mittel 21,0, Turner **) im Mittel 20,88, übereinstimmend mit den von Döbereiner und von Degen***) angestellten Versuchen.

Aus dem bisher Mitgetheilten geht schon hervor, daß die Luft nicht allein bei verschiedenen Witterungszuständen, sondern auch in verschiedenen Höhen über der Oberfläche des Wassers constant gleiche Zusammensetzung habe, welches also im Widerspruch steht mit der im Jahr 1802 von Dalton †) aufgestellten Theorie, nach welcher in einem Gemenge von Gasarten, also auch in der atmosphärischen Luft jede Gasart gleichsam eine eigne Atmosphäre bilde, indem die elastische und expulsive Kraft jedes Theilchens nur auf die Theilchen gleicher Art sich erstrecke, also jede Gasart in dem Gemenge für sich frei gravitire und bloß von ihrer eignen Dichtigkeit und Temperatur abhänge (s. d. Art. Absorption). Nach dieser Theorie nämlich müßte der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre, vermöge der größeren specifischen Schwere dieses Gases, abnehmen, je mehr man von der Ebene in die Höhe sich erhebt, so daß Dalton für die Höhe des Montblanc einen Sauerstoffgehalt der Luft = 20 Proc. berechnet, Benzenberg ††) dagegen für die Höhe von 8000 Fuß den Gehalt zu 20,22 angiebt, wenn derselbe am Ufer des Meeres 21,00 beträgt. Dalton's eigne Luftanalysen stimmen nicht mit seiner Theorie überein, welche in neuerer Zeit namentlich durch die von Brunner im Monat Juli 1833 auf dem Faulhorn in einer Höhe von etwa 8000 Fuß mit Hülfe des von ihm verbesserten Phosphor-Eudiometers (s. d. Art. Eudiometer) ausgeführten Analysen vollständig widerlegt worden ist. Die von Brunner ausgeführten Analysen mögen hier im Detail zur näheren Beurtheilung einen Platz finden:

Zeit des Versuches	Dauer desselben	Barometer	Temperatur des Stickgases	Gewichtszunahme	Eudiometer. Verhältniß in 100 Volumth. Luft
	Min.	Millim.		Gran	
8. Juli 1/4 Uhr Abends	34	559,0	10° C.	0,124	20,79
" = 8 3/4 " "	41	558,5	11,5	0,123	20,76
9. " = 5 1/2 " Morg.	55	556,8	13,5	0,123	20,93
" = 7 " "	51	556,9	12,0	0,125	21,11
" = 8 1/4 " "	39	556,5	13,5	0,123	20,94
" = 9 1/2 " "	60	556,7	14,0	0,122	20,83
" = 11 1/4 " "	35	556,7	12,4	0,124	21,00
" = 5 1/4 " Abends	27	556,0	10,5	0,123	20,77
" = 6 1/4 " "	21	555,9	10,0	0,123	20,75
10. " = 5 " Morg.	55	553,9	13,5	0,122	20,88
" = 6 1/2 " "	29	553,8	14,5	0,123	21,08
" = 8 " "	27	553,8	14,0	0,123	21,05
" = 9 " "	28	553,7	14,0	0,1225	20,98
" = 10 " "	28	553,7	13,5	0,1225	20,95

*) Schweigg. Journ. Bd. XIV. S. 264—293.
**) Schweigg. Journ. Bd. XLIII. S. 380—381.
***) Pogg. Ann. Bd. XXVII. S. 557.
†) Gilb. Ann. Bd. XII. S. 385—395; Bd. XIII. S. 438; Bd. XXI. S. 382 und Bd. XXVII. S. 369—387.
††) Gilb. Ann. Bd. XLII. S. 182.

Das Mittel aus diesen 14 Analysen beträgt 20,915 Volumentheile Sauerstoff.

Dumas und Bousfingault *) haben eine genauere eudiometrische Methode beschrieben und angewandt, durch welche es ihnen gelungen zu sein scheint, weit genauere und weniger schwankende Resultate zu erhalten, als dies vorher der Fall gewesen war. Sie fanden zu Paris im April 1841 bei schönem Wetter in 6 Versuchen im Minimum 22,92, im Maximum 23,04, im Mittel 23,010 Gewichtstheile Sauerstoff, also genau das Verhältniß 23:77 oder in Volumentheilen 20,8:79,2; bei regnerischem Wetter fanden sie in der Luft 23,015 Gewichtstheile Sauerstoff, woraus sie schließen, daß der Sauerstoff unter dem Einfluß des Regens noch nicht um ein Tausendtheil variirt, indem sie eine solche Abweichung nach ihrer Meinung, mittelst der von ihnen angewandten Methode hätten auffinden müssen. Brunner fand hiermit übereinstimmend auf dem Faulhorn 23,01 Gewichtsprocente Sauerstoff, Verver **) im Jahr 1839 zu Groningen bei Anwendung des von Brunner beschriebenen Verfahrens 22,998 oder 23 Proc. Marignac ***) nach der Methode von Dumas und Bousfingault zu Genf 22,97 bis 23,01, Staß (a. a. O. S. 297 u. 298) zu Brüssel in 12 Analysen 23,04 bis 23,08 und endlich Levy †) zu Kopenhagen 23,016 und zu Hofingör 23,037 Gewichtstheile Sauerstoff. Die einzelnen von Levy mit der atmosphärischen Luft zu Kopenhagen ausgeführten Analysen waren die folgenden:

Tage	Barometer	Thermometer	Winde	Zustand d. Himmels	Sauerstoff in 100 Th. Luft
17. Nov. 1841.	0,7498 m.	— 6°,8	NO.	Schnee	230,2
30. = =	0,7414 =	+ 8,0	S.	bedeckt	230,3
12. Dec. =	0,7480 =	5,0	SO.	schön	229,8
15. = =	0,7576 =	4,5	OSO.	schön	230,1
22. = =	0,7504 =	1,5	Windstille	Schnee	230,4
				Mittel	230,16

In neuester Zeit hat wiederum Ficinus ††) bei verschiedenen Winden große Schwankungen in der Atmosphäre wahrzunehmen geglaubt, so daß der Sauerstoffgehalt nach ihm sogar von 20,00 bis 25,44 Proc. variirte; wenn auch diese Angaben kein Zutrauen verdienen, so haben doch bereits Dumas und Bousfingault darauf aufmerksam gemacht, daß der gefundene Unterschied in der Zusammensetzung z. B. der Luft bei Brüssel und derjenigen am Faulhorn nicht wohl in einem Beobachtungsfehler oder in der Ungenauigkeit der angewandten Methode seinen Grund haben könne, sondern eine wirkliche Schwankung und Abweichung von dem Normalverhältnisse anzudeuten scheine, Schwankungen, welche Levy in der Voraussetzung, daß die von ihm mitgetheilten Analysen vollkommenes Zutrau-

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXIV. S. 65—89.
**) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXIV. S. 82.
***) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXVI. S. 294 u. 295.
†) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXX. S. 207—224.
††) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXX. S. 62—64.

verdienen, ebenfalls in der über der Nordsee, wie auch in der auf Guadeloupe gesammelten Luft nachgewiesen hat *). Wir geben hier das Detail der von Levy mittelst der von Dumas und Bousfingault vorgeschlagenen eudiometrischen Methode ausgeführten Analysen. In der atmosphärischen Luft der Nordsee fand er nämlich auf einer Reise von Havre nach Kopenhagen und zurück zwischen der nördlichen Breite von 52° 6′ und 57° 50′ in einer Länge von Paris zwischen 0°40′ und 8° 28′ und einem Abstand von der Küste zwischen 4 und 34 Lieues:

Tage	Stunden	Barometer	Thermometer	Winde	Zustand d. Himmels	Sauerstoff in 1000 Th. trockner Luft
2. Aug. 1841	1 U. 15 M. Nachm.	0,7375M.	17°,0	ONO.	bedeckt	226,2
3. : :	1 : 15 : Morg.	0,7335 :	16,0	NO.	schön	225,8
3. : :	10 : 45 : :	0,7330 :	16,5	N.	schön	226,1
4. : :	8 : 30 : :	0,7285 :	16,0	S.	schön	225,9
22. Mai 1842	9 : 30 : :			SO.	bedeckt	230,9
22. : :	6 : 45 : Abds.			S.	schön	231,2
23. : :	1 : 0 : Nachm.			SO.	bedeckt	231,0
24. : :	8 : 0 : Morg.			SW.	bedeckt	232,3
24. : :	4 : 0 : Nachm.			OSO.	bedeckt	230,4

Auch in der auf Guadeloupe aufgefangenen Luft fand Levy Schwankungen im Sauerstoffgehalt zwischen 231,4 und 226,7 und gleichzeitig eine oft sehr beträchtliche Quantität Kohlensäure, jedoch so, daß die Menge der letztern keineswegs in Zusammenhang mit der verminderten Menge des Sauerstoffs, wie man aus den in der folgenden Tabelle mitgetheilten analytischen Resultaten ersehen kann:

Tage (1842)	Barometer	Thermometer	Wind	Zustand des Himmels	Kohlensäure in 1000 Th. trockner Luft	Sauerstoff in 1000 Th. trockner Luft	Stickstoff in 1000 Th. trockner Luft	Sauerstoff, abgesehen von der Kohlensäure
1. Nov.	0,7639M.	28°,9	WNW.	heiter	22,2	225,3	752,5	230,4
—	—	—	—	—	22,0	225,1	752,9	230,2
1. Nov.	0,7632 :	24,8	—	sehr schön	2,2	230,0	767,8	230,5
1. :	0,7622 :	27,3	NW.	bedeckt	7,8	229,5	762,7	231,4
1. :	0,7618 :	24,4	Windst.	heiter	13,6	226,2	760,2	228,5
1. :	0,7643 :	29,5	SW.	—	0,4	230,4	769,2	230,4
1. :	0,7649 :	22,5	Windst.	sehr schön	1,5	226,3	772,2	226,7
1. :	—	—	—	—	1,4	226,7	771,9	226,9
1. :	0,7645 :	24,8	WNW.	sehr schön	6,1	228,6	765,3	230,0

Die Ursache dieser Schwankungen läßt sich bis jetzt hinsichtlich der über dem Lande aufgefangenen Luft nicht näher bestimmen, wenn nicht etwa die mächtige Entwicklung von Kohlensäure, welche auf dem vulcanischen Boden von Guadeloupe statt zu haben scheint, im Stande sein sollte, die Zusammensetzung der Luft bis zu dem angegebenen Grade zu verändern, eine Frage, die erst durch fernere Unter-

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXX. S. 62—64.

suchungen wird entschieden werden können. Dagegen vermuthet Levy, daß d Zunahme der Sauerstoffmenge in der Seeluft der Gegenwart kleiner Thierchen die, wie Morren *) gefunden hat, die Eigenschaft besitzen, unter dem Einflu des Lichtes die Kohlensäure zu zersetzen und das Sauerstoffgas frei zu machen, zug schrieben werden kann, sowie die Verminderung bei Abwesenheit dieser Thierch die Folge des Athmens der gewöhnlichen in dem Meerwasser lebenden Thiere i Bei dem gegenwärtigen Standpunkte des Wissens läßt sich über die Richtigk dieser Behauptung nicht mit Sicherheit aburtheilen, wenn gleich die in neuester Z von Morren **) und von Levy ***) ausgeführten Untersuchungen über die Z sammensetzung der unter verschiedenen Umständen in dem Meerwasser aufgelöst Luft zu beweisen scheinen, daß unter dem Einfluß von gewissen Thieren und Pfla zen dieselbe je nach den Umständen sehr bedeutenden Schwankungen unterwor ist und diese, wenn auch in weit geringerem Grade, möglicherweise der zunä über dem Wasser befindlichen atmosphärischen Luft mittheilen kann.

b) Kohlensäuregehalt der Atmosphäre. Nachdem Bergma die Gegenwart der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft im Jahr 1774 n gewiesen hatte, wurde diese Beobachtung von so vielen Seiten bestätigt gefund daß man bald zu der Ueberzeugung gelangte, dieselbe müsse einen beständigen G mengtheil der Atmosphäre bilden, nur müsse die Menge derselben mehr oder we ger bedeutenden Schwankungen unterworfen sein. Anfangs fand man in Fo der Ungenauigkeit der angewandten Methode viel zu große Quantitäten in Luft, sogar bis zu 6 Proc., Girtanner †) und Fourcroy ††) noch 1,0 2,0 Proc., Humboldt zwischen 1,8 und 0,5. Die ersten wirklich zuverlässi Versuche verdanken wir Th. de Saussure †††), der aus 225 zu verschiede Jahreszeiten und unter den mannigfaltigsten Umständen angestellten Versuchen mittlere Resultat fand, daß die Atmosphäre im Durchschnitt nicht mehr als ein Zehntausendtel oder 0,04 Hundertel ihres Volumens enthalte; das Maximum Kohlensäuregehalts stieg bis 5,78, das Minimum fiel bis 3,20 Zehntausendtel Saussure stellte die Versuche mit einer Luft an, welche theils in Genf, th über dem Genfer See, theils zu Chambeisy, einem $^3/_4$ Stunden von Genf 240 Meter vom See entfernt auf einer trocknen und luftigen Wiese mit thoni Boden gelegenen Dörfchen, gesammelt worden war.

1) Die von Saussure über den Einfluß des Regens auf den Kohl säuregehalt der Atmosphäre ausgeführten Versuche gaben kein recht genügendes sultat, jedoch ist er der Ansicht, daß die Menge der Kohlensäure in näherer Be hung zu der durch den Regen hervorgebrachten andauernden Nässe des Bodens st als zu einer großen Wassermenge. Ein feuchter Boden nämlich vermindert mehr Kohlensäure, in Folge einer von leichten, aber häufigen Regen begleiteten niedri Temperatur, als durch momentane Wirkung einer sich auf einmal ergießenden gro größeren Wassermenge. Das Gefrieren des Bodens scheint im Gegen

*) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. I. p. 456.
**) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. XII. p. 5—56. 1844.
***) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. XVII. p. 5—23. 1846.
†) Gilb. Ann. Bd. III. S. 77—83. 1800.
††) Syst. des Conn. Chim. Vol. I. p. 158.
†††) Gilb. Ann. Bd. LIV. S. 217—231. 1816. Schweigg. Journ. Bd. I S. 17—43 u. 129—154.

um Thauwetter im Winter eine Vermehrung des Kohlensäuregases zu bedingen; bei Frostwetter fand Sauſſure im Winter 1828/9 etwa 4,57 Kohlensäure, während bei Thauwetter der Gehalt derſelben auf 4,27 und ſelbſt auf 3,66 Zehntauſendtheile herabſank.

2) Aus vergleichenden Verſuchen mit der gleichzeitig zu Chambeiſy und über dem Genferſee aufgefangenen Luft ergab ſich im Mittel für Chambeiſy 4,60, für den See 4,39 in 10000 Vol. Luft und alſo, daß die Luft über dem See im Allgemeinen weniger Kohlenſäure enthält, als die Luft auf dem Lande.

3) Bei Unterſuchung der zu Chambeiſy und auf der Straße von Genf gleichzeitig aufgefangenen Luft fand Sauſſure als Mittelzahl für die erſtere 4,37, für die letztere 4,68 und daß der Kohlenſäuregehalt der Atmoſphäre während des Tages in der Stadt größer ſei als auf dem Lande, bei Nacht jedoch das Umgekehrte ſtattfindet, und daß die Schwankungen dieſes Gaſes in Bezug auf die Jahreszeiten auf beiden Stationen gleich ſind.

4) Der Kohlenſäuregehalt zeigte ſich auf den Bergen größer als in der Ebene; es zeigte nämlich am 14. und 15. Juli, 7. und 8. Auguſt und 29. und 30. September 1829 auf dem 963 Meter über dem Genferſee erhabenen Col de la Faucille im Jura die Luft, verglichen mit der gleichzeitig zu Chambeiſy aufgefangenen, den folgenden Kohlenſäuregehalt:

Col de la Faucille:	4,43;	4,54;	3,69;	3,60;	4,22;	3,95
Chambeiſy: . . .	4,14;	4,15;	3,87;	3,22;	3,55;	3,15

Sauſſure glaubt dieſes Verhalten ſich daraus erklären zu können, daß die Zerſetzung der Kohlenſäure beſonders in den unterſten Schichten, wo die Vegetation häufiger iſt, ſtattfindet, und daß dieſes Gas bei weitem mehr von dem ebenen Boden abſorbirt werden müſſe, wo das Regenwaſſer einen langſameren Ablauf hat. Die Bergluft zeigt außerdem noch die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, daß der Kohlenſäuregehalt am Tage durch den Einfluß der Nacht wenig oder gar nicht vermehrt wird.

5) Eine Reihe von Verſuchen über den Einfluß des Windes, Mittags zu Chambeiſy angeſtellt, ergab als mittleres Reſultat bei Windſtille oder ſehr ſchwachem Winde 3,76, bei ſtarkem Winde aber, ebenfalls Mittags, 3,98, welche Reſultate zeigen, daß der tägliche Kohlenſäuregehalt in der Ebene auf freiem Felde gewöhnlich durch den Einfluß des Windes vermehrt wird, daß dieſe Vermehrung aber zu klein iſt, um anders als durch eine aus mehreren Beobachtungen gezogene Mittelzahl geſchätzt werden zu können. Sauſſure hält dieſe Wirkung auch für natürlich und glaubt, daß ſie aus der Vermiſchung der niederen Schichten mit den höheren, welche meiſtentheils am Tage eine größere Menge Kohlenſäure enthalten, entſtehen müſſe; freilich müſſen auch ſeitliche Einflüſſe, ob der Wind aus einer trockenen oder vom Regen überſchwemmten Gegend herkommt, Anomalien bei dieſer Art von Schwankungen beſonders häufig bewirken.

6) Ueber den Kohlenſäuregehalt der Luft am Tage und in der Nacht haben die folgenden Verſuche aus dem Jahre 1828 zur näheren Beurtheilung Anlaß gegeben. Die Ausnahmen, wo nämlich bei Nacht keine Vermehrung

stattfand, sind mit einem Sterne (*) bezeichnet, und wo die Beschaffenheit de Windes nicht näher angegeben ist, war die Luft ruhig oder doch nur wen bewegt.

Zeit der Beobachtung	Kohlensäure in 1000 Th. Luft, zu Mittag	Kohlensäure in 1000 Th Luft, bei Nacht
31. Mai 1828	4,50	4,82
13. Juni	4,75	4,40
26. "	5,09*, sehr starker W.	4,85, sehr starker W.
1. August	4,09	5,69
26. "	4,22	4,76, 8 Uhr Abends
26. "	4,22	4,69, Mitternacht
26. u. 27. August	4,22	5,74, $3^3/_4$ Uhr Morg.
14. September	4,22	4,91, 11 Uhr Abds.
26. "	4,14	4,93, $8^1/_2$ Uhr Abds.
26. "	4,14	4,98, $11^1/_2$ Uhr Abds.
26. u. 27. Sept.	4,14	5,09, 4 Uhr Morg.
14. October	3,81*, sehr starker W.	3,58*, 11 Uhr Abds., sehr starker W.
22. "	4,20	4,49, 11 Uhr Abds.
14. November	4,16	4,51
21. "	3,91	4,30
5. December	4,06*	3,92*
22. "	4,18*	4,25*
27. "	4,13*	4,09*
19. Februar 1829	3,66*	3,70*
12. März	4,25	4,80
18. April	4,29*	3,90*, mäßiger W.
10. Mai	3,54	4,63
11. u. 12. Juni	3,72	4,41, Regen

Die Mittelzahl des Kohlensäuregehaltes bei Tage ist nach den angeführ und nach andern von Sauſſure während der Jahre 1827 und 1829 angest ten Beobachtungen 3,98, bei Nacht 4,32; „die Luft enthält demnach in der Ebe auf freiem Felde, in der Nacht mehr Kohlensäure als am Tage. Diese Schw kung nimmt im Winter sehr ab, verschwindet oft und findet sich nicht selten un hängig von den Irrthümern des Verfahrens. Einige Resultate zeigen jedoch, d sie in dieser Jahreszeit sogar dann stattfindet, wenn die Erde mit einer star Schneelage bedeckt und die Temperatur mehrere Grade unter 0 ist. — Der grö Theil der angeführten Versuche wurde um 11 Uhr Abends angestellt; die ben fende Schwankung war jedoch bereits um 8 Uhr sehr deutlich eingetreten. D Maximum des Kohlensäuregehalts innerhalb 24 Stunden tritt gegen Ende Nacht ein, und das Minimum in der Mitte des Tages. Die größte nächtliche Z nahme stieg bis auf $^1/_3$ des täglichen Gehalts. Die beträchtlichsten und schnell Veränderungen finden zwischen dem Schlusse der Nacht und den ersten Tagesstun

statt; diejenigen, welche zwischen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags eintreten, können mit Beobachtungsfehlern zusammenfallen. Die Verdunkelung der Sonne durch die Wolken hindert nicht die nächtliche Zunahme des kohlensauren Gases; sie fand statt sowohl zu Zeiten leichter und anhaltender Regen, als auch, wenn die Erde in Folge langwieriger Regen ganz mit Wasser getränkt war; die Zunahme fällt nur unter diesen Umständen etwas geringer aus. Wenngleich Thau eintritt, so wurden doch die bedeutendsten Zunahmen der Kohlensäure zur Zeit des häufigsten Thaues und dann, wenn die Tageshitze am meisten mit der Kühle der Nacht contrastirte, bemerkt.

Seit der Veröffentlichung der von Saussure angestellten Versuche sind nur wenige neue Beobachtungen mitgetheilt worden. Brunner *) fand die Durchschnittszahl von 5 Th. Kohlensäure in 10000 Th. Luft bestätigt; Bousfingault **) wies in der Luft von Lyon 0,00046 ihres Volumens Kohlensäure nach und Watson ***) fand die Luft in der Stadt Bolton kohlensäurereicher als die Landluft und die Bergluft, in der erstern nämlich 5,300, in der letztern 3,614 bis 4,737 Zehntausendtheile. Auffallende Schwankungen in dem Kohlensäuregehalt bemerkte endlich Levy in der Luft von Guadeloupe, zwischen 22,2 und 0,4 Zehntausendtheilen, welche wenigstens zum Theil die Folge der vulcanischen Beschaffenheit des Bodens und einer Aushauchung von Kohlensäure aus demselben sein mögen.

Durch das Athmen der Menschen und der Thiere wird bekanntlich eine nächtliche Menge Sauerstoff verzehrt, die jedoch, verglichen mit der in der ganzen Atmosphäre vorhandenen Quantität, höchst unbedeutend erscheint. Die Berechnungen Poggendorff's †) ergeben, daß, wenn auch seit Adams Zeiten bis 1000 Millionen Menschen auf der Erde gewesen wären, diese doch nur $\frac{1}{408}$ des jetzigen Sauerstoffgehalts verbraucht haben würden, also eine Größe, die allen übrigen Analysen sich entzieht. Ein einziges Zehntel Procent der Atmosphäre reicht hin, das gesammte Menschengeschlecht auf 10000 Jahre mit Sauerstoff zu versorgen. Oder nehmen wir mit Bousfingault und Dumas ††) an, es 1000 Millionen Menschen, von denen nach Prevost ein jeder täglich 1 Kilogramm Sauerstoff verzehren soll, auf der Erde sind, und daß in Folge des Athmens der Thiere oder durch die Fäulniß der organischen Materien die den Men-

*) Pogg. Ann. Bd. XXIV. S. 569 Ann. de Chim. et de Phys. T. LXXVIII. p. 305.
**) Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 456. 1838.
***) Journ. f. prakt. Chem. Bd. VI. S. 75—78.
†) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 562. Vergl. Pogg. Ann. Bd. LIII. S. 405. Hier (S. 408) führt Poggendorff nachfolgende Berechnung an: Welch ungeheure Last von Sauerstoff die Atmosphäre in sich schließt, und wie gering der Antheil ist, den auch die gesammte Menschheit durch Athmen verbraucht, kann man sich auch auf folgende Weise veranschaulichen. Gesetzt, die Atmosphäre habe durchgängig dieselbe Dichtigkeit wie an der Meeresfläche und sei eine geographische Meile (22843 Par. Fuß) hoch; dann würde der Sauerstoff, gesondert gedacht, unter derselben Voraussetzung eine Schicht von 4797 Par. Fuß Höhe bilden und das, was die gesammte Menschheit davon in einem Jahre einathmet, nicht mehr als eine Schicht von 0,282 Par. Lin. Höhe betragen, während die in der Atmosphäre vorhandene Kohlensäure schon eine Schicht von 9,48 Par. Fuß Höhe ausmachen würde.
††) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXIV. S. 88.

schen zugeschriebene Verzehrung noch vervierfacht würde, so würde nach Verlauf eines Jahrhunderts das ganze vereinte Menschengeschlecht und noch ein dreifaches Aequivalent desselben nur eine Quantität Sauerstoff absorbirt haben, welche dem Gewichte nach gleich 15 oder 16 Kupferwürfeln von 1 Kilometer Seite sein würde, während die Atmosphäre deren ungefähr 134000 enthält, wovon jene Quantität kaum $\frac{1}{8000}$ beträgt. Man sieht also, daß in der That bedeutende Quantitäten Sauerstoff der Luft entzogen und ihr wiederum zugeführt werden könnten, ohne daß wir bei Anwendung unserer schärfsten eudiometrischen Methoden diese Veränderungen zu verfolgen im Stande wären. Diese Sauerstoff-Abnahme steigt aber in der Wirklichkeit niemals zu der angedeuteten Größe heran, weil der verzehrte Sauerstoff durch die Fähigkeit der lebenden Pflanzen, unter Einfluß des Sonnenlichtes die Kohlensäure zu zersetzen und den Sauerstoff aus derselben frei zu machen, wenigstens zum großen Theil der Atmosphäre wieder zurückgegeben wird (s. d. Art. Athmen der Pflanzen); das constante Mischungsverhältniß der atmosphärischen Luft ist also eine Folge dieser Wechselwirkung zwischen dem thierischen und vegetabilischen Leben, sowie der beständigen verticalen und horizontalen Bewegungen der Luft, welche die eintretenden Störungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre im nächsten Augenblicke wieder ausgleichen. Wenn überhaupt die Luft in ihrem Sauerstoffgehalt Veränderungen erleidet, so können diese, nach Dumas und Bousſingault (a. a. O.), doch höchstens von derselben Bedeutung sein, als die Modificationen, welche man in Betreff der Kohlensäure der Luft beobachtet. Nun weiß man aber aus den Versuchen von Sauſſur und Brunner, daß die Kohlensäure der Luft dem Volumen nach beinahe um 4 bis 6 Zehntausendtheilen variirt. Nimmt man an, daß diese Kohlensäure von dem Sauerstoffe herrühre, den die Luft abgegeben hat, und nicht von den Gasen, welche die Vulcane unaufhörlich ausstoßen, so würde der Unterschied dieser Zahlen, welcher 2 Zehntausendtheile des Volumens der Luft beträgt, die Veränderung anzeigen, welche der Sauerstoff erlitten hat, und man würde also in 1000 Volumen Luft 2081 oder 2083 Sauerstoff finden. Dieser Unterschied möchte offenbar nicht zu bestimmen sein, wenn man sich darauf beschränkte, 10 oder selbst 25 Gr. Luft, wie Dumas und Bousſingault es thaten, zu analysiren, da derselbe dann von ungefähr 2 oder 3 Milligr. bezeichnet sein würde. Untersucht man 1000 Gr. Luft, so würde er durch 200 bis 300 Milligr. bezeichnet sein. Man kann also, wenn man will, dahin gelangen, daß die Luftanalyse in der That von einigem Nutzen bei der Erörterung der allgemeinen Gesetze der Physik unserer Erde würde. Man müßte zu solchen Versuchen ein dem von Brunner beschriebenen entsprechendes Verfahren anwenden, wo der Stickstoff gemessen und nur der Sauerstoff gewogen wird, indem man den letztern durch Phosphor oder glühendes Kupfer absorbirt. Durch eine Reihe solcher Versuche kann man, bei Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln, mit Sicherheit den Sauerstoff bis auf $\frac{1}{300000}$ genau angeben.

II. Zufällige oder Nebenbestandtheile der Atmosphäre. Es sind in der Atmosphäre noch einige andere gasförmige Substanzen nachgewiesen worden, die aber theils, wenn auch ziemlich allgemein verbreitet, nur in sehr geringer, quantitativ kaum bestimmbarer Menge aufzutreten pflegen, theils als

nur an einzelne Localitäten gebunden und die Folge von Exhalationen des Erdbodens oder von Fäulniß thierischer und vegetabilischer Körper sind. So entwickelt sich z. B. bei der Verwesung vegetabilischer Stoffe in sumpfigen Gegenden Wasserstoffgas oder Kohlenwasserstoffgas, welches in der Atmosphäre sich verbreitet, und wo es sich in nur einigermaßen beträchtlicher Menge ansammelt, auch mit Hülfe chemischer Mittel entdeckt werden kann. Humboldt und Gay-Lussac *) waren schon im Jahr 1804 von der Gegenwart dieses Gases in der atmosphärischen Luft überzeugt; sie konnten jedoch nur nachweisen, daß die Quantität desselben nicht über drei Tausendtheile des Volumens der Atmosphäre betragen könne, da sie bei Anwendung des Volta'schen Eudiometers, welches die angegebene Menge noch angezeigt haben würde, ein negatives Resultat erhielten. Sauſſure **) stellte die Vermuthung auf, daß die atmosphärische Luft eine kohlenstofffhaltige Gasart und zwar wahrscheinlich Kohlenoxydgas enthalten müsse, welches, wie er glaubte, in Folge der zersetzenden Wirkung des elektrischen Funkens aus der Kohlensäure sich gebildet hat; er fand nämlich bei Verpuffung von kohlensäurefreier Luft mit Wasserstoffgas in dem luftförmigen Rückstande stets etwas neugebildete Kohlensäure und zwar auf 2000 Th. Luft nach 1 oder 0,94 Th. dieser Säure. Bouſſingault***) endlich zeigte, daß die Luft zu Paris 0,00003 bis 0,00013 Wasserstoff enthalte, und später****) fand er in der Luft von Lyon ebenfalls 0,00018 bis 0,0003 Wasserstoffgas, das, wie er mit Recht vermuthet, als Kohlenwasserstoffgas von den Sümpfen in Folge von Steinkohlenlagern exhalirt wird, in vielen Gegenden aus den Spalten der Erde selbst hervordringt und einen mehr oder weniger allgemeinen Bestandtheil der Atmosphäre ausmacht. Bouſſingault fand ebenso, wie Sauſſure, in der kohlensäurefreien Luft noch einen geringen Gehalt an Kohlenstoff, nämlich in der Luft von Lyon dem Gewichte nach 0,00012 Th., welche in Verbindung mit Wasserstoff 0,0022 Th. Kohlenwasserstoffgas ausmachen würden.

Schwefelwasserstoffgas findet sich manchmal in Folge von Fäulniß thierischer Substanzen in nicht unbeträchtlicher Menge vor, wie namentlich am Meeresstrande im Sommer als Zersetzungsproduct der Tange, Fische ꝛc. *****), und nach Bouſſingault†) ist es ebenfalls unter den Exhalationen einiger americanischer Vulcane vorhanden. Chlorwasserstoffsäure ferner ist im Freien und an Orten gebunden in geringer Menge namentlich in der Seeluft aufgefunden worden ††) und wahrscheinlich durch Zersetzung der chlorwasserstoffsauren Talkerde entstanden; auch Chlormetalle werden in Folge von heftigen Stürmen aus dem Meerwasser in Theilen mechanisch fortgerissen und erhalten sich eine Zeit lang in der Luft schwebend, bis sie mit dem Regenwasser der Erde wieder zugeführt werden (s. d. Art.

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 38—92.
**) Schweigg. Journ. Bd. LXI. S. 129—134.
***) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. III. S. 151—161.
****) Pogg Ann. Bd. XXXVI. S. 456—458.
*****) Forchhammer, Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXXVI. S. 395.
†) Pogg. Ann. Bd. XXXI. S. 148
††) Vogel in Gilb. Ann. Bd. LXVI. S. 93—99 u. Bd. LXVII. S. 277—288. Trommsdorff in Schweigg. Journ. Bd. XXXII. S. 281—291. Pfaff in Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 396—397. Krüger in Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 379—395 ꝛc.

Regen). Der Stoff, den Hermbstädt (a. a. O.) und Zimmermann* in der atmosphärischen Luft auffanden, und welcher von dem Letztern Pyrrhi genannt wurde, findet sich, wie alle angeführten Bestandtheile der Atmosphär ebenfalls in dem Regenwasser und ist in dem betreffenden Artikel, auf welchen wi verweisen, näher charakterisirt worden. Ueber andere organische fein zertheil Körperchen, welche zuweilen die Luft verpesten und zerstörend auf den Organi mus der Menschen und Thiere einwirken, vergleiche man den Art. Miasme

E. W.

Ueber den Wassergehalt der Atmosphäre oder die Dampfatm sphäre wird im Folgenden ausführlich die Rede sein.

Die Atmosphäre der Erde ist, wie schon gesagt wurde, die den fes Körper rings umgebende Luftmasse. Diese erfüllt also nicht den ganzen We raum, sondern gehört der Erde eigenthümlich an und bewegt sich mit derselben u die Erdaxe und um die Sonne. In ihr befindet sich die Erde etwa wie das D ter in einem Ei.

In der Atmosphäre bewegen wir uns von Jugend auf und, wie es schei ungehindert. Und dennoch hat dieselbe eine bedeutende Schwere. Dies bem ken wir sogleich, wenn die Luft in schnellere Bewegung geräth, beim Winde u Sturme, wo dieselbe eine oft ungeheure Kraft zeigt; ein völlig der Schwere e behrender Körper würde auch bei der größten Geschwindigkeit, mit welcher er sich so bewegte, keinen Druck und Stoß ausüben, wie wir z. B. an dem Lichte bem ken, welches sich noch unendlich schneller als die Luft im ärgsten Sturme bewe Es giebt aber Erscheinungen, aus denen wir die Schwere der Atmosphäre ge zu berechnen im Stande sind. Es ist bekannt, daß man eine Spritze dad mit Wasser füllt, daß man einen luftdicht in sie passenden Kolben zurückzieht u dabei das untere Ende der Spritze ins Wasser hält. Dann steigt in den d Zurückziehen des Kolbens leer gewordenen Raum, in welchen weder von un noch von oben Luft eindringen kann, Wasser. Ebenso steigt das Wasser in d Saugpumpe. Man glaubte bis Galilei diese Erscheinung dadurch erk zu haben, daß man sagte, die Natur habe einen Abscheu vor dem Leere daher beeile sie sich im angeführten Falle den durch Hebung des Kolbens leer w denden Raum durch Wasser zu füllen. Gärtner in Florenz hatten zu Ga lei's Zeit eine sehr lange Pumpe gebaut und fanden, als sie dieselbe anwen wollten, daß es nicht möglich war, durch Heraufziehen des Kolbens das Wa höher als 32 Fuß zu heben. Sie fragten Galilei um Rath, der ihnen iron antwortete: die Natur habe offenbar nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß Abs vor dem leeren Raume **). Galilei wußte übrigens sehr wohl, daß die L schwer sei***), gab auch das Wasserbarometer als Mittel an, den Druck der L zu zeigen, und konnte also die angeführte Erklärung, wenn sie nicht eine hi worfene Abfertigung war, nur in dem ironischen Sinne geben, daß er durch andeutete, wie die bisherige Ansicht von dem Abscheu vor dem leeren Raume d die gemachte Beobachtung, wenn noch nicht vollkommen widerlegt, doch s

*) Schweigg. Journ. Bd. XLVIII. S. 157—158.

**) Ren. Cartesii Epp. Amst. 1682. III. Vol. T. II. 91. 94. 96. T. III. 102.

***) Er hielt sie für 400 mal leichter als Wasser. Galilei Discorsi e Demonstrazi matem. intorno a due nuove scienze. Leid. 1638. — Vergl. Riot traité de phys. T p. 69 (Fechner's Uebers. Bd. I. S. 201). Gehler, P. A. Bd. I. S. 762.

wesentlich limitirt sei. Das Wasserbarometer, dessen roheste Gestalt schon jene Pumpe der Florentiner Gärtner darstellte, war ein zu unförmliches Instrument, um den Druck der Luft an ihm genauer zu beobachten; dies konnte erst geschehen, nachdem das Queckſilberthermometer erfunden war.

Im Jahr 1643 füllte Torricelli eine 3 Fuß lange Glasröhre, deren eines Ende zugeschmolzen war, mit Queckſilber, hielt mit dem Finger das offene Ende zu und brachte es so unter die Oberfläche einer mit Queckſilber gefüllten Schale. Alsbald fiel das Queckſilber bis auf eine Höhe von 28 Zoll, in dieser aber blieb es in der Röhre stehen. Oberhalb des Queckſilbers war nun offenbar ein leerer Raum entstanden, vor dem die Natur gar keinen Abscheu zeigte. Warum fiel aber das Queckſilber nicht ganz aus der Röhre? Offenbar wurde es durch einen äußeren Gegendruck gehalten, es drückte aber auf die Queckſilberfläche im Gefäß, welche beim Sinken des Queckſilbers in der Röhre hätte steigen müssen, nichts als die Atmosphäre, also muß der Druck der Atmosphäre im Stande sein, eine Queckſilbersäule 28 Zoll hoch zu halten, und eine leichtere Flüssigkeit, muß man sogleich schließen, wird der nämliche Druck soviel Mal höher in einer Röhre erhalten, wie viel Mal sie leichter ist. Wasser ist ungefähr 13,5 mal leichter als Queckſilber, also muß eine Wassersäule in einer Röhre 13,5 mal höher als Queckſilber stehen, d. i. fast 32 Fuß, — also in der That bis zu der Höhe, bis zu welcher nach der Erfahrung jener Gärtner das Wasser in der Pumpe emporgehoben wurde. Die Luft ist demnach eine schwere Flüssigkeit, wie alle Flüssigkeiten wird sie deswegen von allen Seiten auf alle Punkte eines von ihr umgebenen Körpers drücken, und so hat man berechnet, daß ein Mensch von mittlerer Größe, welcher in jedem Punkte seiner Oberfläche einen Druck von der Luft zu ertragen hat, der gleich dem einer Queckſilbersäule von 28 Zoll Höhe oder einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe ist, an der Luft ein Gewicht von 33000 Pfund zu tragen habe. Wir ertragen dieses ungeheure Gewicht, weil es von allen Seiten gleichmäßig wirkt, und weil unser Körper selbst mit Luft und tropfbaren Flüssigkeiten erfüllt ist, deren Ausdehnungskraft gleich derjenigen der äußeren Luft ist. Es würde das Gegentheil unsern augenblicklichen Tod herbeiführen, wenn plötzlich der Druck der Atmosphäre aufhörte, denn die in uns befindliche Luft würde sich dann, keinen Widerstand mehr findend, ihrer Natur nach sogleich unbegrenzt ausdehnen. Aehnliches geschieht z. B. bei Fischen, die im Grunde des Meeres leben, wenn sie plötzlich heraufgebracht werden. Im Grunde des Meeres haben diese nämlich einen sehr viel größeren Druck von außen, als wir auf der Oberfläche der Erde (auf dem Grunde der Atmosphäre) auszuhalten. Die Blase im Innern dieser Fische kann sich, wenn dieselben plötzlich emporgeschleudert werden, nicht schnell genug dem verminderten Drucke von außen gemäß entleeren, die Luft in der Blase dehnt sich daher gewaltig aus, sprengt die Blase, erfüllt den ganzen Körper, dreht den Magen nach außen, ja selbst zum Schlunde heraus, und tödtet so die Thiere. — Das Gesagte wird recht auffallend von den Erscheinungen bei der Luftpumpe (einer neueren Erfindung, welche die Nichtigkeit der Lehre vom Abscheu der Natur vor dem leeren Raume beweist, s. d. Art.) bestätigt, namentlich von folgender. Legt man die Hand auf eine oben offene Glocke und pumpt darunter aus, so wird bald die Hand so fest aufliegen, daß man sie auch mit der größten Anstrengung nicht darunter heben kann. Dies kommt daher, daß schon, wenn die Luft unter der Glocke durch das Auspumpen auf ein Zehntel der natürlichen Dichtigkeit gebracht

ist, die äußere Luft auf jeden Quadratzoll $13^1/_2$ Pfd. Druck mehr ausübt, als d Luft unter der Glocke; ist die Oeffnung in der Glocke, auf welcher die Hand lie 4 Quadratzoll groß und die Luft in der Glocke bis auf ein Zehntel der gewöh chen Dichtigkeit verdünnt, so müßte folglich die Hand, um sich zu erheben, schon Gewicht von 54 Pfd. heben, welches nicht möglich ist. Setzt man den Versuch lä ger fort und verdünnt die Luft noch mehr, so röthet sich die Haut, das Blut w in die Gefäße derselben getrieben, weil der Druck der äußern Luft die im Kör enthaltene Luft nicht mehr zurückhält. Noch auffallender findet dies aus ähnlich Grunde beim Schröpfen statt, und wiederum derselbe Grund (verminderter Lu druck) ist es, welcher bei Personen, die hohe Berge ersteigen oder in einem Lu ballon sich erheben, eigenthümliche Affectionen bewirkt. Indem dann das Gew der äußern Luft nicht ausreicht, um die Flüssigkeiten und Gase, welche unser K per einschließt, zusammenzudrücken, so wird das Athmen keuchend; die Lun bewegen sich schneller, weil sie immer dieselbe Quantität Sauerstoffgas (der der atmosphärischen Luft enthalten ist) nöthig haben, um das Leben zu unterhalt es geht endlich so weit, daß das Blut von innen nach außen dringt, und die Fo ist Hervortreten des Blutes aus Lippen, Zahnfleisch und Augen und Blutspei Die Beschleunigung des Athmungsprocesses auf hochgelegenen Orten begünstigt Lungenkrankheiten. Daher können z. B. die Mönche des Hospizes auf dem gro St. Bernhard dort nur einige Jahre aushalten. Die Verminderung des Dru mit der Höhe hat Einfluß auf die Beschaffenheit des Wassers in hochgeleg Orten und dadurch auf das organische Leben. Wie noch näher (s. d. Folg.) zeigt worden ist, enthält das an der Oberfläche der Erde hinströmende Wa stets Luft, welche einen größern Antheil Sauerstoff hat als die freie Luft. D Luft entweicht aus dem Wasser, je höher man in der Atmosphäre aufsteigt, in Fo des verminderten Luftdruckes. Da nun das Wasser dem thierischen Leben um zuträglicher ist, je mehr es Luft einschließt, indem es beim Austritt aus der Da oft die Verdauungsorgane angreift, so folgt hieraus, daß auf hohen Bergen d Wasser minder trinkbar ist, als an der Oberfläche des Landes, d. h. am Niveau Meeres.

Eine der interessantesten Beobachtungen über die Wirkungen des Druckes atmosphärischen Luft ist die von den Brüdern Wilhelm und Eduard Weber*) machte, welche die Wichtigkeit des Luftdruckes für die Oekonomie der Kräfte des men lichen Körpers beweist. Dieselben haben nämlich durch directe Versuche darget daß das Gewicht des Beines, wenn es am Rumpfe hängt, welches ungefähr Pfund beträgt, weder an den Muskeln oder Bändern hänge, noch auch auf Pfannenrande ruhe, sondern von dem Drucke der Luft, mit welchem dieselbe d Gelenkflächen zusammenpreßt, getragen werde. Durch diese Aequilibrirung nes Gewichtes erhält das Bein eine so vollkommene Drehbarkeit in seiner Pfa als zur Ausführung so geregelter Bewegungen, als das Gehen und Laufen sind, forderlich ist. Nach der Berechnung würde der Druck der atmosphärischen Luft, w die beiden Flächen zusammenpreßt, ungefähr 30 Pfd. betragen. Die Versuche g den Druck zu ungefähr 20 Pfd. Neben diesem Drucke wirken aber zur Erhaltung Wirbelknochens des Beines in seiner Kapsel auch noch die Muskeln und Bän

*) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Von den Brüdern Wilh. und Ed Weber. Göttingen 1836. Vergl. Pogg. Ann. Bd. XXXX. S. 1 ff.

da ein Gewicht von 400 Pfd. dazu gehört, um das Bein herauszureißen. Alexander v. Humboldt machte in Rückſicht auf dieſe Entdeckung auf eine Erfahrung aufmerkſam, welche er ſelbſt zu machen Gelegenheit gehabt. Bei Beſteigung ſehr hoher Berge ſtellt ſich nämlich eine ſeltſame Ermüdung ein, welche, wie Humboldt meint, aus der von den Brüdern Weber nachgewieſenen Aequilibrirung der Beine durch den Luftdruck ſich erklären laſſen dürfte.

Nähme man an, daß der Luftdruck, unter welchem wir uns befinden, immer
hr vermindert werde, ſo müßte ein Punkt eintreten, wo derſelbe der Schwere
Beines nicht mehr das Gleichgewicht halten könnte. Es müßte alsdann eine
dere Kraft, z. B. die der Muskeln, ſeine Stelle vertreten und das Bein tragen,
il ſich ſonſt beide Gelenkflächen von einander entfernen würden. Es iſt aber zu
arten, daß, wenn das Bein auf eine ſolche minder vortheilhafte Weiſe wirklich
tragen wird, welche nicht allein ſelbſt Kraftaufwand verurſacht, ſondern auch, weil
angeſtrengten Muskeln ſteif werden, die Bewegungen des Beines hemmt, Stö-
gen und Unbequemlichkeiten beim Gehen eintreten werden, welche, wenn das
in durch den Luftdruck äquilibrirt iſt, nicht ſtattfinden. Da nun in ſehr hohen
gionen, wo ſich der Luftdruck faſt bis zur Hälfte vermindert, wirklich ſolche Un-
emlichkeiten, nämlich eine große Ermüdung der Beine wahrgenommen wird,
che auf eine Störung des Gehmechanismus ſchließen läßt, und welche nur ſo
ge gefühlt wird, als man geht, beim Niederſitzen verſchwindet, beim Weitergehen
r ſogleich wieder eintritt, ſo ſtellten nach Humboldt's Aufforderung die Brü-
Weber folgende entſcheidende Verſuche an:

Ein friſches Becken nebſt Schenkelbeinen wurde durch das Kreuzbein halbirt,
die Beckenſtücke ſowohl, als die Schenkelbeine ſo beſchnitten, daß man die
ftgelenke mit Bequemlichkeit unter der Glocke einer Luftpumpe aufhängen konnte.
krecht über dem Hüftgelenke wurde ein Loch durch den Beckenknochen gebohrt
durch daſſelbe eine Schnur gezogen, um mittelſt derſelben das Hüftgelenk frei
zuhängen. Ein zweites Loch wurde ſenkrecht unter dem Gelenke durch das
enkelbein gebohrt, um daran ein Gewicht zu befeſtigen, welches das Gewicht des
ſchnittenen Beines verträte. An dem einen Hüftgelenke wurde die Kapſelmem-
n dicht am Schenkelbeine ringsum durchſchnitten, ſo daß ſie nicht mehr beide
chen unmittelbar mit einander verband. Nachdem dieſes vollſtändig geſchehen
r, berührten beide Gelenkflächen ſich nicht allein noch vollkommen, ſondern wur-
auch (durch den Druck der Luft) feſt zuſammengehalten. Darauf wurde der
kenknochen mittelſt der oberen Schnur an einen Haken befeſtigt, der ſich an der Decke
Luftpumpenglocke befand. Der Apparat hing dann von der Decke der Glocke frei
ab und ſchwebte hoch über dem Teller, auf welchen die Glocke geſetzt wurde.
das Schenkelbein wurde mittelſt der untern Schnur ein zwei Pfund ſchweres
wicht gehängt. Die Höhe des zu unterſt hängenden Gewichtes über dem Teller
rde gemeſſen, und darauf die Luft aus der Glocke gezogen, bis ihr Druck bis

auf drei Pariser Zoll Queckſilber vermindert worden war. Dabei wurde zwar da
Blut aus den Gefäßen der Knochen herausgetrieben, aber der Schenkelkopf neb
dem daran hängenden Gewichte erhielt ſich unverändert in ſeiner Lage. Kaum wa
aber der Druck unter drei Zoll Queckſilber geſunken, ſo ſenkte ſich der Schenke
kopf allmälig und zwar über einen halben Zoll herab, ſo weit, als es die Kapſ
geſtattete. Die Kapſelmembran bildet nämlich um den Hals des Schenkelkopfs
einen Ring, welcher enger iſt als der Umfang des Schenkelkopfes. Dieſer Rin
geſtattet daher zwar das Herabſinken des Kopfes; er hindert ihn aber, ganz a
der Pfanne zu entweichen, d. i. er verhütet die Verrenkung des Hüftgelenk
Nachdem der Schenkelkopf in Folge der Verdünnung der Luft acht Linien tief (
weit es der beſchriebene Kapſelring geſtattete) herabgeſunken war, ließ man die L
wieder in die Glocke treten. Sogleich erhob ſich der herabgeſunkene Schenkelko
nebſt dem angehängten Gewichte und ſtieg ſehr ſchnell und auf eine ſehr ſichtb
Weiſe ſcheinbar von ſelbſt, in der That durch den Druck der in die Glocke, al
nicht in den Pfannenraum wieder eindringenden atmoſphäriſchen Luft in
Höhe, bis er an die Decke deſſelben anſtieß oder zu ſeiner urſprünglich
Höhe zurückgekehrt war. Dieſer Verſuch wurde nun mehrmals hinter einan
wiederholt angeſtellt, indem man bloß die Luft abwechſelnd aus der Glocke hera
ziehen und einſtrömen ließ, ſtets mit demſelben Erfolge. Darauf wurde der V
ſuch wiederholt, nachdem der Kapſelring quer durchſchnitten und der Schenkelk
ſogar ganz aus der Pfanne herausgenommen, jedoch mit Gewalt wieder hinein
drückt war. Wirklich wurde dadurch die in den Pfannenraum eingedrungene L
ſo weit wieder verdrängt, daß der Schenkelkopf durch den Druck der Luft v
außen wieder ſchwebend erhalten wurde. Frühere Verſuche hatten ergeben,
das Hüftgelenk wie eine Luftpumpe betrachtet werden kann, aus welcher der St
pel durch ſein Gewicht nicht herausfällt, auch wenn etwas Luft im ſchädlich
Raume zurückgeblieben iſt. Dieſe Luft wird nämlich ſogleich ſehr verdünnt,
bald der Stempel im geringſten ſinkt. Die beiden Weber bohrten ein ſein
Loch durch die Pfannenwand und verſchloſſen es bald, bald öffneten ſie
dem Zwecke ihrer Verſuche gemäß, konnten aber nicht verhindern, daß etwas L
auch nach dem Verſchließen im Loche zurückblieb, von wo ſie ſich wie aus
ſchädlichen Raume in die Pumpe verbreiten konnte, ohne die Verſuche dadurch
ſentlich zu ſtören. Bei Verminderung des Luftdruckes fiel diesmal der Schen
kopf etwas früher und ganz heraus, während vorher bei unvermindertem Luftdr
das Gewicht des Schenkels ſammt dem angehängten Gewichte ſicher getragen w
den war. Dieſe Verſuche beſtätigen nicht nur im Allgemeinen die Richtigkeit
von A. v. Humboldt geäußerten Vermuthung, ſondern können insbeſondere
dazu dienen, die Hauptfrage zu entſcheiden, ob die Verdünnung der Luft auf hoh
Bergen ſchon hinreiche, dieſe Erſcheinung hervorzubringen. Dieſe Verſuche ha
nämlich ergeben, daß etwa $2^1/_2$ Pfund (das Gewicht des abgeſchnittenen Schen
beines und des daran hängenden Zweipfundgewichtes), bei etwa 3 Zoll Barome
ſtand noch getragen, bei einer geringen Verminderung des Druckes ſchon nicht m
getragen wurden. Rechnet man das Gewicht des ganzen Beines zu 20 Pfd., d
achtmal größer, ſo würde ein Druck von 24 Zoll Queckſilber hinreichen, das ga
Bein zu tragen. Sinkt alſo das Barometer auf hohen Bergen unter 24 Z
herab, ſo dürfen beim Gehen die Muskeln des vom Boden aufgehobenen, nach v
ſchwingenden Beines nicht gänzlich erſchlaffen, ſondern müſſen ſo geſpannt bleib

daß sie für jeden Zoll tieferen Barometerstand wenigstens $^5/_6$ Pfd. mehr tragen. In Folge dieser fortdauernden ungewohnten Spannung werden die Muskeln nicht allein ermüden, sondern es wird auch, weil diese Anspannung im Widerstreit steht mit der vom Beine auszuführenden Schwingung (ähnlich der eines Pendels), eine Unannehmlichkeit und Unbequemlichkeit für den Gang selbst daraus hervorgehen, die sich in der beschriebenen Empfindung von Müdigkeit kund zu geben scheint. — Die Brüder Weber machen auch darauf aufmerksam, daß beim freiwilligen Hinken, wo das Bein auch nicht mehr durch den Luftdruck in seiner Lage erhalten wird, sondern schon beim Beginnen des Uebels so weit aus der Pfanne herabsinkt, als die Kapselmembran gestattet, gleichfalls eine baldige und große Ermüdung beim Gehen wahrgenommen wird, welche oft nächst der Verlängerung des Beines fast das einzige Merkmal ist, wodurch das beginnende Uebel sich äußerlich kund giebt.

Man kann mittelst der Luftpumpe die Luft auch geradezu wiegen. Man bedient sich zu diesen Versuchen einer hohlen Kugel von Metall oder Glas, welche einen beträchtlich großen Durchmesser hat und mit einer kurzen Röhre versehen ist, die nach Abschraubung des Tellers der Luftpumpe auf die Communicationsröhre der Pumpe aufgeschraubt werden kann. Das Ende der Röhre muß daher mit einem Schraubengewinde versehen sein. Ueberdies ist die Röhre mit einem einfach durchbohrten Hahne versehen, so daß also der innere Raum der Kugel sowohl abgeschlossen als geöffnet werden kann. Wiegt man, während der Hahn geöffnet ist, die Kugel an einer gewöhnlichen Wage, so findet man ein Gewicht P. Die Wägung geschieht hier offenbar in der Luft, einem flüssigen Körper, daher ist P nicht das wirkliche Gewicht der Metallmasse, sondern dieses Gewicht weniger dem Gewicht der Quantität Luft, welche durch die Kugelhülle aus dem Platze verdrängt worden. Jetzt schraube man die Kugel mit geöffnetem Hahne auf die Communicationsröhre der Luftpumpe und exantlire. Dadurch wird die Luft in der Kugel verdünnt. Wir wollen vorerst annehmen, es wäre möglich, die Kugel völlig luftleer zu machen. Verschließt man nun den Hahn der Kugel, schraubt sie ab und wiegt sie aufs Neue, so ergiebt sich jetzt ein Gewicht = P′. Dieses Gewicht ist das Gewicht der Metallhülle, weniger dem Gewicht der von der Kugel aus der Stelle getriebenen Luft. Offenbar wird jetzt von der Kugel (denn in ihr befindet sich keine Luft) ein größeres Volumen Luft aus der Stelle getrieben, als bei der ersten Wägung. Dort nämlich wurde nur ein Volumen Luft gleich dem der Blechhülle, jetzt ein Volumen Luft gleich dem der ganzen Kugel aus der Stelle getrieben. Offenbar muß daher P′ kleiner als P sein und zwar genau um das Gewicht eines Volumens Luft gleich dem Kubikinhalte der Kugel. Ist dieser bekannt, z. B. = 1 Cub. F., so weiß man sofort jetzt, wie viel 1 Cub. F. atmosphärischer Luft von gewöhnlicher Dichte wiege, nämlich P—P′. Gewöhnlich nimmt man an, daß bei diesem Versuche, wenn der Inhalt der Kugel = 1 Cub. F. ist, P—P′ = 1 Unze sei. Aber eine geringe Ueberlegung zeigt, daß der Versuch, in der angegebenen Weise angestellt, noch sehr roh und ungenau sei. Wir wissen, daß die Dichte der uns umgebenden Luft sich fortwährend verändert und daß wir diese Veränderungen aus den Aenderungen des Thermometer- und Barometerstandes erkennen; mit der Dichte wird sich auch die Schwere ändern, und so wird bei einem genauen Versuche auf Barometer- und Thermometerstand Rücksicht zu nehmen sein. Ferner ist auch die Annahme falsch, daß die Kugel völlig von Luft befreit werden könne, da man mit der Luftpumpe wohl die Luft verdünnen, aber nicht völlig aus einem geschlossenen Raume fort-

schaffen kann, und endlich wird man den Cubikinhalt der Kugel genauer als durch eine bloße Messung ihres Durchmessers zu bestimmen haben, weil nicht darauf zu rechnen ist, daß sie durchaus genau kugelförmig gearbeitet sei, und weil auch die Höhlung der Mündungsröhre der Kugel in Betracht kommt. Man kann daher die Beobachtung, unter Berücksichtigung des Barometer- und Thermometerstandes, genauer wie folgt anstellen. Man fülle die Kugel mit Wasser bis zum Hahne und wiege sie, es sei das gefundene Gewicht = p. Hierauf entleere man die Kugel vollkommen vom Wasser und wiege sie wieder, ihr Gewicht sei jetzt = P. p—P ist folglich das Gewicht des Wassers von dem Volumen der Kugel, und da wir wissen, wie groß das Gewicht von 1 Cub. F. Wasser ist, so haben wir, dies Gewicht = p' gesetzt, $\frac{p-P}{p'}$ als Ausdruck des Cubikinhaltes der Kugel nach Fußen. Hierbei muß auf die Temperatur des Wassers Rücksicht genommen werden, weil das Wasser bei verschiedenen Wärmegraden verschiedenes Gewicht hat. Nun exantlire man die Kugel, verschließe den Hahn und wiege sie zum dritten Mal; das gefundene Gewicht sei = P'. Jetzt bringe man den Hahn unter Wasser und öffne ihn, so tritt durch denselben Wasser in das Innere der Kugel. Man senke die Kugel so tief ein, bis das Wasser in ihr gleich hoch wie außer ihr steht. Dann hat sich die vorher den ganzen Raum der Kugel im verdünnten Zustande erfüllende Luft in den über dem Niveau des Wassers befindlichen Raum zurückgezogen und hat hier nun wieder dieselbe Dichte wie in der Atmosphäre. Den Cubikinhalt dieses Raumes bestimme man; er sei = $\frac{1}{v}$ des Cubikinhaltes der ganzen Kugel. (Diese Bestimmung geschieht übrigens durch Wägen der in die Kugel getretenen Wassermasse; ist dieses Gewicht = P'', und haben p' (vergl. d. Art. Gewicht, specifisches), P, p die oben angegebene Bedeutung, so ist der Cubikinhalt des bezeichneten Raumes = $\frac{p-P-P''}{p'}$). Es zeigt sich also, daß P—P' nicht das Gewicht eines Volumens Luft vom Cubikinhalte des Innern der Kugel ist, sondern nur, wenn dieser = C = $\frac{p-P}{p'}$ ist, von einem Volumen Luft = $\frac{C}{v}$.

Besonders genaue Versuche über das Gewicht der Luft sind von Biot und Arago angestellt worden. Unter dem Druck einer Quecksilbersäule von 76 Millimetern und bei 0° Temperatur wiegt in Paris*) 1 Liter, d. h. 1000 Cubcentimeter, 1,299541 Gramme. Dasselbe Volumen Wasser auf dem Punkt seiner größten Dichtigkeit, d. h. bei 4°,0 C., wiegt 1000 Gramme. Unter den genannten Umständen ist also das specifische Gewicht des Wassers, gegen das der Luft gleich Eins, = 769,44 oder das der Luft gegen das des Wassers als Eins = 0,00128308. Das Quecksilber bei 0° C. ist 13,598 Mal so dicht als Wasser bei 4°,0 C., folglich 10472,9 Mal so dicht als atmosphärische Luft bei 0m, und 0° C.

Neueste, höchst sorgfältige und mit aller Accurateſſe. welche der gegenwärtige Standpunkt der Wissenschaft möglich macht, angestellte Untersuchungen über

*) Mém. de l'Acad. des Scienc. pour 1806. Biot, traité de physique. T. I. p. 387

Gewicht der Luft verdanken wir Regnault *). Derſelbe fand das Gewicht eines Liters Luft bei 0° Temperatur und 0^{mm},760 Barometerſtand für die Breite von Paris (48° 50′ 14″ geogr. Br.) = 1,293187 Grammen. Das Gewicht von 1 Liter Queckſilber bei 0° hat Regnault zu 13595,93 Grammen beſtimmt. Das Gewichtsverhältniß zwiſchen Queckſilber und Luft bei der Temperatur 0 und unter dem Drucke 0^{m},760 iſt alſo zu Paris = 10513,5. Im Niveau des Meeres und unter der Breite 45° wird dieſes Verhältniß = 10517,3.

Kommt es nur auf einen ungefähren Verſuch an, ſo kann man, ſtatt des mit einem Hahn verſehenen Ballons, folgende wohlfeile Vorrichtung anwenden, welche außerdem noch den Vortheil hat, daß ſie bei gleichem Volumen des Ballons weit weniger wiegt als die eben beſprochene. Man wähle einen Ballon von nicht gar dickem Glaſe und nicht ſehr dickem, geradem Halſe, wie Fig. I., aus. Der Hals wird

I.

ſorgfältig mit einem wohlverſchließenden Korke zugeſtopft, der in der Mitte durchbohrt iſt. Das durch den Kork gehende Loch mag etwa 2^{mm} Durchmeſſer haben. Ueber den Kork wird nun Wachstaffent gebunden, wie Fig. I. und in größerem Maßſtabe Fig. II. zeigt. Auf dieſe Weiſe iſt der innere Raum des Ballons vollkommen von der äußern Luft abgeſperrt. Neben der Stelle, welche die Oeffnung des Korkes bedeckt, macht man zwei Einſchnitte in den Wachstaffent, wie man in Fig. II. ſieht, und ſo iſt der Ballon gewiſſermaßen mit einem Ventil verſchloſſen, durch welches Luft aus dem Ballon austreten, aber nicht eintreten kann. Bei Anſtellung des Verſuches wägt man zuerſt den lufterfüllten Ballon und bringt ihn dann unter die Glocke der Luftpumpe, ſo wird beim Evacuiren auch die Luft aus dem Ballon austreten. Iſt er ſo entleert, ſo wird abermals gewogen, und man findet nun, daß er leichter geworden iſt.

II.

Aus der Theorie des Barometers (ſ. d. Art.) wiſſen wir, daß eine Luftſäule von z. B. 1 Quadratzoll Durchmeſſer, welche bis an das Ende der Atmoſphäre reicht, einer Queckſilberſäule von demſelben Durchmeſſer und etwa 28 Zoll Höhe das Gleichgewicht hält, d. h. ebenſo ſchwer iſt. Die ganze angegebene Queckſilberſäule wiegt aber 15,45 Pfund; die Atmoſphäre drückt alſo auf jeden Quadratzoll der Oberfläche eines Körpers mit einem Gewichte von 15,45 Pfd. **). Man kann auch ſagen, die Spannkraft der Luft, d. h. ihr Beſtreben, als expanſible Flüſſigkeit nach allen Seiten ſich auszudehnen, welches ſich als Druck merkbar macht, wo es Widerſtand findet, iſt im Allgemeinen gleich einem Gewicht von 15,45 Pfd. Die Spannkraft nämlich ergiebt ſich unmittelbar aus dem Drucke. Experimentell kann man die Richtigkeit dieſes Satzes ſogleich nachweiſen, wenn man den offenen Schenkel eines Barometers luftdicht verſchließt, dann behält nämlich die Queckſilberſäule

*) Relation des expériences entreprises etc. pour déterminer les principales lois et les données numeriques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur. Paris 1847. Abſchnitt. Nr. 3. Détermination du poids d'un litre d'air etc. S. Pogg. Ann. Bd. LXXIV. S. 202.

**) Genauere Beſtimmungen ſiehe weiter unten.

unverändert denselben Stand wie vorher, sie wird also jetzt getragen von der Luf
im kurzen Schenkel, und da diese von dem Drucke der Atmosphäre durch den Ver
schluß befreit ist, so trägt sie die Quecksilbersäule nur durch ihre Spannkraft, di
also dem atmosphärischen Drucke genau gleich sein muß. Dieses Gewicht äußer
aber seine Kraft nicht, so lange ihm ein gleichstarkes Gegengewicht entgegenwirkt, un
dies ist überall da der Fall, wo sich Luft von der Spannkraft der atmosphärische
Luft befindet. Stellt man aber einen Recipienten auf den Teller der Luftpum
und verdünnt die Luft in ihm, so drückt die Atmosphäre mit einem um so stärker
Uebergewicht auf ihn, je mehr die Verdünnung zunimmt. Dieser Druck läßt sich dur
Rechnung genauer bestimmen und durch Versuche in seinen Kraftäußerungen aufzeige
Gesetzt, die Barometerprobe unter dem Recipienten der Luftpumpe zeige nur noch 6 Li
Höhe der getragenen Quecksilbersäule. Bezeichnen wir den äußeren Druck der L
mit AD, den inneren mit JD, so verhalten sich folglich JD : AD wie die getragen
Quecksilbersäulen, d. h. wenn wir den gewöhnlichen Barometerstand 28 Zoll =
336 Linien annehmen, JD : AD = 6 : 336, folglich ist $JD = \frac{6AD}{336}$, und AD
auf 1 Quadratzoll, wie wir wissen, = 15,45 Pfd. Das Uebergewicht des äu
ren Druckes über den innern ist $= AD - JD = AD - \frac{6AD}{336} = \frac{330}{336} AD = \frac{55}{56}$
$= \frac{55}{56}$. 15,45 Pfd. = 15,174 = $15\frac{1}{6}$ Pfd. Auf jeden Quadratzoll ei
Recipienten drückt folglich die Atmosphäre mit einem Gewichte von $15\frac{1}{6}$ P
wenn die Barometerprobe in ihm 6 Lin. anzeigt.

Um die Mächtigkeit des Luftdruckes darzustellen, kann man mit Hülfe
Luftpumpe noch eine Menge von Versuchen machen. Eine ebene Glasplatte, m
welcher man die Luft wegpumpt, wird in viele strahlig vom Mittelpunkte aus
fende Stücke zertrümmert. Bringt man unter den Recipienten einer Luftpu
eine luftdicht zugebundene Blase, welche nur sehr wenig Luft enthält, so daß sie
in einen Knäuel zusammendrücken läßt, und pumpt sodann aus, so dehnt sie
beim Exantliren aus, weil der Luft in ihr der Widerstand der umgebenden L
immer mehr entzogen wird; bald ist sie ganz straff aufgeblasen und endlich zerr
sie. Auch eine gläserne Flasche von geringem Durchmesser, welche fest verschlo
unter den Recipienten der Luftpumpe gesetzt wird, zerplatzt. Hat sie ein Ve
welches die Luft heraus, aber nicht hinein läßt, so wird sie zugleich mit dem R
pienten entleert und, wenn man dann wieder Luft in den Recipienten läßt,
dieser Luft zerdrückt. Eine trockne Blase, welche über das offene Ende eines c
drischen Recipienten straff gespannt ist (man zieht die Blase feucht über, spannt
an, umbindet sie von außen und läßt sie trocknen), biegt sich beim Exantliren
Recipienten ein und zerspringt endlich mit einem heftigen Knalle. Dieser Knal
die Folge der schnell in den Recipienten stürzenden Luft. Man muß sich hüten,
Augenblicke des Platzens die Hand über die Blase zu halten, sonst kann diese
der Luft gegen den scharfen Rand des Recipienten geschleudert und stark beschä
werden. Wenn man statt der Blase über den Cylinder eine dünne Metallpl
deckt, so daß sie luftdicht anschließt, so wird sie durch den Druck der Luft einge
gen. Bei den Recipienten, welche oberwärts nur mit einer abhebbaren fla
Metallplatte bedeckt werden, liegt diese nach dem Exantliren so fest auf dem Cy

ter, daß man nicht im Stande ist sie abzuheben und, um dies zu bewerkstelligen, erst wieder Luft in den Recipienten lassen muß. Das größte Erstaunen erregte auf dem Reichstage zu Regensburg 1654 dasjenige Experiment, welches Guerike mit den sogenannten Magdeburgischen Halbkugeln anstellte. Dies sind zwei hohle metallene Halbkugeln mit breiten, auf einander sorgfältig abgeschliffenen Rändern. Die eine Halbkugel ist mit einem Hahne versehen, welcher auf die Luftpumpe aufgeschraubt werden kann, und beide Halbkugeln haben starke metallene Handhaben. Werden die Ränder dieser Halbkugeln mit Fett bestrichen, damit sie luftdicht auf einander schließen, und sodann durch den Hahn die Luft zwischen ihnen verdünnt, so werden sie durch das Uebergewicht der äußeren atmosphärischen Luft so fest an einander gedrückt, daß sie nur durch die gewaltigsten, an den Handhaben angebrachten Kräfte aus einander gerissen werden können. Otto von Guerike bediente sich zweier Halbkugeln von ungefähr 15 Par. Zoll Durchmesser. Nach dem Auspumpen der Luft schloß er den Hahn, schraubte die nun möglichst luftleere Kugel ab und spannte an jede Handhabe 8 bis 12 Pferde. Diese wurden angetrieben, um die Halbkugeln aus einander zu reißen, aber vergebens. Dagegen waren die Kugeln mit geringer Kraftanwendung aus einander zu bringen, nachdem man den Hahn geöffnet hatte, doch hingen sie immer noch ziemlich fest an einander, welches aber nur eine Folge der Adhäsion war. Schraubt man die Kugeln aber wieder auf die Pumpe und verdichtet in ihr ein wenig die Luft, so fallen die Halbkugeln von selbst aus einander. Um genauer zu wissen, mit welcher Kraft bei dem Guerike'schen Versuche die Halbkugeln an einander gepreßt wurden, wollen wir annehmen, die Luft sei so weit verdünnt gewesen, daß die Barometerprobe noch 1 Zoll gezeigt hätte. Dann würde (nach einer wie oben für die Annahme von 1 Lin. anzustellenden Rechnung) der Druck der äußeren Luft auf jeden Quadratzoll der Kugelfläche etwas weniger als 15 Pfd. betragen haben. Die Kugelfläche ist nach den Lehren der Geometrie $= 4\,r^2\,\pi$, d. h. im gegenwärtigen Falle $= \times 7{,}5^2 \times \pi =$ gegen 706,5 Q.-Z. Der beim Auseinanderreißen zu überwindende Druck war folglich $706{,}5 \times 15 = 10597{,}5$ Pfund. Nehmen wir die mittlere Zugkraft eines Pferdes zu 736 Pfd. an, so würden 24 Pferde allermindestens mit einer Kraft von 17664 Pfd. reißen, müßten also die Halbkugeln aus einander bringen, wobei aber angenommen ist, daß sie völlig gleichzeitig anziehen, welches niemals der Fall sein wird. Auf keinen Fall werden 16 Pferde die Kugel zerreißen. Wurden die Kugeln durch die Kraft der Pferde aus einander gerissen, so erfolgte dies mit einem Knall, gleich dem einer Flinte. Werden zwei kleine Magdeburgische Halbkugeln durch Exantliren an einander gepreßt, dann unter einem Recipienten aufgehängt und auch dieser ausgepumpt, so fallen sie, da hier der Widerstand der äußern Luft aufhört, nachdem die äußere Luft weniger Spannkraft bekommen, als die noch in den Kugeln befindliche, von selbst aus einander.

Setzt man zwei kleine Gefäße mit wohl abgeschliffenen Rändern, das eine von Glas oder Metall, das andere von Holz, umgekehrt auf den Teller der Luftpumpe und über sie einen größeren Recipienten, welcher erst exantlirt und dann wieder mit Luft erfüllt wird, so wird nach dem Abheben des Recipienten das eine Gefäß, nämlich das von Glas oder Metall, nur mit Mühe sich vom Teller abreißen lassen, während das hölzerne Gefäß mit Leichtigkeit abgehoben werden kann. Das letztere ist nämlich so porös, daß die Luft durch dasselbe hindurch dringen kann, was andere nicht. Beim Exantliren wird nun die Luft im Innern beider Gefäße

verdünnt, und läßt man dann wieder Luft unter den sie bedeckenden Recipienten so wird von dieser das Glasgefäß angedrückt, das Holzgefäß durchdrungen. Um zu zeigen, daß es der Druck der Luft ist, welcher das Wasser beim Saugen empor hebt und die Erscheinungen des Hebers bewirkt, kann man unter einer Spindel glocke Saugpumpen und Heberapparate in Wirksamkeit setzen. Ist die Luft bis 6 Lin. Barometerstand ausgepumpt, so steigt das Wasser in ihr nicht ganz gegen 7 Z. hoch durch Saugen an, und eine Pumpe mit längerer Saugröhre und ein Heber, welcher das Wasser bis zu dieser Höhe heben soll, vermag man nicht, je zum Ausgießen, diesen zum Laufen zu bringen.

Auch die Elasticität oder Spannkraft der Luft ist zum Theil sch durch die erwähnten Versuche erläutert. Offenbar tritt dieselbe nämlich in all den Fällen wirkend auf, bei welchen Luft von bestimmter Dichte in einem Gefä sich befindet, welches in eine Atmosphäre verdünnter Luft (unter einem Recipie ten) gebracht und hier durch die in ihm befindliche Luft von verhältnißmäß größerer Spannung aufgetrieben, ja zerplatzt wird. Dies war z. B. bei der zug bundenen Blase unter dem Recipienten der Fall. Weitere hierher gehörige Ve suche sind folgende. Cartesianische Teufelchen, wie gewöhnlich in eine cylindris verschlossene Flasche gebracht und unter den Recipienten gesetzt, steigen während d Auspumpens und sinken beim Wiederzulassen der Luft. — Bringt man einen ei nen gläsernen Heronsball mit seiner Mündung unter Wasser und setzt das Was gefäß mit ihm unter den Recipienten einer Luftpumpe, so entweicht die Luft a ihm beim Exantliren. Beim Wiederzulassen der Luft wird durch den Druck d selben das Wasser in ihn hineingetrieben, so daß man mittelst der Luftpumpe Heronsball füllen kann. Das Wasser nimmt in ihm so viel Raum ein, als d von der Dichte der atmosphärischen Luft aus ihm entwichen ist. Stellt man halb mit Wasser gefüllten Heronsball unter dem Recipienten aufrecht, so treib bei jedem exantlirenden Kolbenzuge das Wasser als ein Strahl in die verdü Luft empor, weil sich auch im Heronsball die Luft ausdehnt. — Durch ihre Elas tät drängt sich die Luft in alle Zwischenräume und so auch in die Poren der Kör ein, so daß fast alle Körper mehr oder weniger Luft enthalten. Das Vorhand sein dieser Luft kann man gleichfalls mit der Luftpumpe leicht zeigen. Holz oder Kork, die man durch angehängte Bleigewichte im Wasser sinken m und unter den Recipienten der Luftpumpe stellt, dringen während des Auspump Ströme von Luft in unzählbarer Menge, wie Dampf aus den feinen Saftgefä und Blasen aus den größeren Höhlungen hervor (ebenso aus allen porösen The der Pflanzen, Blätter u. s. f.), und ist das daran gehängte Gewicht nicht zu g so heben die Luftblasen sie zur Oberfläche empor. Setzt man dieses Auspum längere Zeit fort und läßt dann Luft unter den Recipienten, so wird in die Ge des Holzes, in denen sich vorher Luft befand, nun Wasser getrieben. Hierd gewinnt das Holz und der Kork so sehr an Schwere, daß sie im Wasser nicht m schwimmen, sondern zu Boden sinken. Man hat ein diesem Experimente ähnli Verfahren angewendet, um Tuche beim Färben recht vollkommen durchzufär Legt man nämlich das Tuch in die färbende Flüssigkeit und bringt es so unt taucht in den luftleeren Raum, so entwickelt sich alle im Tuche enthaltene Luft nach Wiederzulassung der Luft in den Raum dringt die färbende Flüssigkeit alle Zwischenräume, in welche sie außerdem nicht so leicht hätte gelangen können Wie porös und dadurch durchdringbar für die Luft nicht nur, sondern auch

minder seine Flüssigkeiten das Holz sei, kann man auch dadurch zeigen, daß man auf die obere Oeffnung eines auf dem Teller stehenden Recipienten ein Gefäß mit Wasser oder Quecksilber stellt. Schließt dieses Gefäß fest an den Rand des Recipienten und wird exantlirt, so ergießt sich das Quecksilber oder Wasser in Gestalt eines Regens in den Recipienten. Der Druck der äußeren Luft preßt es durch das Holz. — Ein runzeliger Apfel giebt unter dem Recipienten viel Luft her und schwillt auf. Bringt man Eis, welches Bläschen enthält, unter den Recipienten, so zerplatzen beim Auspumpen die Bläschen, ein Beweis, daß sie Luft enthalten. — Setzt man gewöhnliches Wasser in einem hohen Glase unter den Recipienten, so sieht man schon bei den ersten Kolbenzügen kleine Kügelchen, wie feine Nadelspitzen, überall im Wasser zum Vorschein kommen und emporschwimmen. Diese Kügelchen werden bei den folgenden Kolbenzügen immer größer und man sieht deutlich, daß es Luftbläschen sind, welche beim Emporsteigen stärker anschwellen. Das Wasser giebt so beim Auspumpen eine außerordentliche Menge Luft, und es hält sie mit so großer Kraft fest, daß es sich auf diese Weise nie ganz luftleer machen läßt, so lange man es auch auspumpt; dies läßt sich nur durch anhaltendes Kochen bewirken. Steht das luftentleerte Wasser an der Luft, so saugt es allmälig wieder die vorige Luftmenge in sich, wie sich zeigt, wenn man die entweichende Luft in einem umgekehrt im Wasser stehenden Glase aufgefangen hat. Salzauflösungen, Milch, Blut, Urin sollen während des Auspumpens keine oder nur wenige Luftblasen geben. Hat ein Metall im Wasser, so überzieht sich beim Auspumpen die obere Fläche desselben ganz mit Luftbläschen, die beim Zulassen der Luft augenblicklich verschwinden. — Die aufsteigenden Blasen im Wasser sind übrigens nicht bloß Luft, sondern auch Wasserdampf, so daß in der That ein Kochen bei niedriger Temperatur stattfindet. Das Sieden ist Verwandlung einer tropfbaren Flüssigkeit in Dampf (s. d. Art.), und daß diese Verwandlung in offenen Gefäßen beim Wasser erst eintritt, wenn es eine Temperatur von 100° C. erreicht hat, davon ist der alleinige Grund der Druck der Atmosphäre, indem dieser erst überwunden wird, wenn durch die Wärme eine dem Drucke gleichkommende oder vielmehr ihn übersteigende Spannkraft dem sich in Dampf umwandelnden Wasser ertheilt worden ist. Daher kocht auch das Wasser auf Bergen, wo der Luftdruck geringer ist, bei niederen Temperaturen. — Macht man an der Spitze eines Eies ein kleines Loch, ohne das Häutchen zu verletzen, und hängt das Ei unter dem Recipienten über ein Gefäß auf, wozu man sich einer eigenen Zange bedient, so treibt die Luft, welche sich in einem gut erhaltenen Ei an dem entgegengesetzten Ende zwischen der Schale und dem Häutchen befindet, während des Auspumpens das Eiweiß und das Dotter zu der Schale heraus und beim Einlassen der Luft ziehen sich beide wieder in die Schale zurück. Nimmt man die halbe Schale weg, so soll das Häutchen so aufgeschwellt werden, daß es den ganzen Raum des Eies einnimmt.

Der Widerstand, welchen die Luft einem durch sie hindurch sich bewegenden Körper entgegensetzt, macht sich sehr vielfach merklich und hat Einfluß auf die Erscheinungen in der Natur. So ist z. B. die Luft die Ursache, weshalb Körper von verschiedener Dichte mit verschiedener Geschwindigkeit fallen, während doch das Fallen, als eine Folge der Anziehung, welche die Gesammtheit aller Massentheilchen auf jedes einzelne Massentheilchen ausübt, bei allen Körpern ganz nach denselben Gesetzen geschieht. Wirklich haben die Versuche auch bestätigt, daß im luftleeren Raume alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit fallen.

Ueber den Widerstand der Luft läßt sich noch folgender interessante Versuch anstellen. Man bringe an zwei verschiedene Axen Flügel so wie Windmühlenflügel an, die so gestellt werden können, daß die Flügel an der einen Axe ihre breite Seite, die Flügel an der andern Axe ihre scharfe Seite dem Widerstande der Luft darbieten. Setzt man sie nun in gleich schnelle Bewegung, so kommen diejenigen, welche ihre breite Seite der Luft entgegenstellen, viel früher als die andern zur Ruhe; im luftleeren Raume dagegen kommen beide Arten von Flügeln gleichzeitig zum Stillstehen. Um die gleich schnelle Bewegung zu bewerkstelligen, kann man an jeder der beiden Axen ein kleines gezahntes Rad anbringen, in dessen Zähne die Zähne einer vertical herabgehenden Stange, die sich zwischen beiden befindet und an beiden Seiten gleiche Zähne hat, eingreift. Wird diese durch ein Gewicht herabgedrückt, dessen Einwirkung man unter der Glocke der Luftpumpe (welche eine Metallbedeckung mit hindurchgehendem Drahte hat) bis nach geschehener Exantlirung hemmen und dann augenblicklich in Thätigkeit setzen kann, so erhält man genau gleiche Drehungsbewegungen. Vorausgesetzt ist, daß sich die Flügel auf ihren Axen mit gleich geringer Reibung in den Zapfenlagern umdrehen. — Noch einfacher kann man diesen Versuch anstellen, wenn man einen Apparat von vier Flügeln hat, welche senkrecht auf einer leicht beweglichen Axe stehen, um welche sie sich drehen können, und welche so eingerichtet sind, daß sie bei der Drehung entweder ihre flache Seite oder ihre scharfe Kante der Luft entgegenstellen. An der Axe ist dann eine Stahlfeder (Uhrfeder) befestigt, welche bei der Umdrehung der Flügel mit der Hand sich umwickelt und anspannt, losgelassen aber die Flügel in eine schnelle hin- und hergehende Bewegung setzt. Man zählt die Anzahl der Schwingungen, welche die Flügel unter dem Einflusse der Feder machen. Zuerst läßt man die Flügel in der Luft schwingen, so daß sie die breite Fläche der Luft entgegensetzen. Die Luft wirkt der Kraft der Feder hemmend entgegen. Man zählt die Anzahl der Schwingungen. Hierauf läßt man die Flügel abermals in der Luft schwingen, jedoch so gestellt, daß sie bei ihrer Bewegung die Luft mit ihrer scharfen Kante durchschneiden. Zählt man abermals die Schwingungen, so wird man finden, daß jetzt die Flügel viel mehr Schwingungen machen, ehe sie zur Ruhe kommen. Der geringere Widerstand der Luft ist die Ursache dieser Erscheinung: denn die Luft leistet desto mehr Widerstand, je größer die durch sie hindurch sich bewegende Fläche ist. Die beiden Versuche stellt man jetzt im luftverdünnten Raum an. Man bringt den Apparat unter einen Recipienten, spannt die Feder und hält dieselbe zurück mit Hülfe eines Sperrhakens. Dieser Sperrhaken kann gelöst werden mit Hülfe einer unten umgebogenen Stange, welche durch eine Stopfbüchse im Deckel des Recipienten herabgeht. Nach dem Exantliren löst man den Sperrhaken und zählt die Schwingungen, welche die Flügel bei der einen und bei der andern Stellung machen. Man wird finden, daß jetzt die Flügel in jeder Stellung nahe gleichviele Schwingungen vollenden, ehe sie zur Ruhe kommen. Findet noch ein Unterschied statt, so rührt derselbe nur davon her, daß es nicht möglich ist, einen vollkommen luftleeren Raum herzustellen.

Die Gleichgewichtsverhältnisse werden wesentlich durch das Vorhandensein der Luft modificirt. Jeder in der Luft gewogene Körper ist um so viel schwerer, als das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Luft beträgt. Hat man nun in der Luft zwei Körper von verschiedener Dichte ins Gleichgewicht gesetzt, so muß der dünnere ein größeres Volumen einnehmen als der dichtere, je

dringt also ein größeres Volumen Luft aus der Stelle als dieser. Gesetzt, beide Körper wiegen in der Luft P, das Volumen Luft, welches der dichtere und kleinere aus der Stelle getrieben, wiege p, dasjenige, welches der dünnere und größere aus der Stelle getrieben, mehr, also p + p', so ist das wahre Gewicht des dichteren P—p, das des dünnern P— (p + p'). Offenbar ist P—p größer als P— (p + p'), d. h. in Wahrheit ist der kleinere schwerer als der größere. Bringt man also die beiden Körper in den luftleeren Raum, so werden sie nicht mehr im Gleichgewicht stehen, sondern es wird der dichtere und kleinere das Uebergewicht haben über den dünneren und größeren.

Die Luft ist ferner vorzugsweise die Vermittlerin zwischen den schallenden Körpern und unseren Gehörorganen. Die Luft ist ein Leiter des Schalles. Durch Versuche mit der Luftpumpe wird nachgewiesen, daß der Schall (s. d.) durch den luftleeren Raum sich nicht fortpflanzt.

Aus dem Angeführten ersieht man, wie verschieden allgemein bekannte Erscheinungen sich darstellen, wenn sie in einem Raume hervorgebracht werden, welcher von einer Luft erfüllt ist, die dünner als die uns umgebende atmosphärische Luft ist. Es wird sogleich gezeigt werden, daß einer der Bestandtheile der Luft Sauerstoffgas ist. Auch alle diejenigen Processe in der Natur, bei denen Sauerstoffgas verbraucht wird, müssen daher im luftverdünnten Raume, indem hier die geringe Quantität Sauerstoffgas (als Bestandtheil der noch übrigen Luft) bald verzehrt ist, gehemmt und endlich ganz unterbrochen werden. Daher verlischt jede Flamme und glühende Kohle im luftverdünnten Raume. Stahl giebt im luftleeren Raume an einen harten Stein geschlagen keine sprühenden, leuchtenden und zündenden Funken, sondern höchstens ein mattes Leuchten, weil diese Funken verbrennender (d. h. mit Sauerstoffgas sich verbindender) Stahl sind. Drückt man ein Flintenschloß im ausgepumpten Recipienten der Luftpumpe los, so entzündet sich das Schießpulver auf der Pfanne nicht. Faules Holz und faule Fische hören im luftverdünnten Raume zu leuchten auf. Der Phosphor jedoch bedarf, da er auch als Dampf leuchtet, zum Leuchten so wenig Luft, daß er auch im möglichst luftentleerten Raume nicht sogleich verlischt. Mengungen und Substanzen, welche aus sich zum Verbrennen das nöthige Sauerstoffgas entbinden, können sich auch im ausgepumpten Recipienten entzünden. Rauchender Salpetergeist, auf Kümmelöl oder Terpentinöl gegossen, giebt eine Flamme und zersprengt häufig den Recipienten in Stücke. Läßt man im möglichst luftverdünnten Raume Schießpulver auf ein glühendes Eisen fallen, so schmilzt es und es steigt Dampf auf; einzelne Körner pflegen sich zu entzünden und dann fällt die Barometerprobe; ist das Eisen recht heiß und läßt man schnell hinter einander Pulverkörner darauf fallen, so entzünden sich endlich alle und die ganze Masse explodirt, wobei der Recipient in Gefahr ist. In starker Hitze nämlich entbindet der Salpeter Sauerstoffgas aus sich, wodurch die Verbrennung möglich wird. Alle diejenigen Thiere, welche ohne Athmen nicht längere Zeit bestehen können, also namentlich die Thiere mit rothem warmem Blute kommen im luftverdünnten Raume um. Zugleich zeigen sich an den Thieren im erhöhten Grade auch noch alle diejenigen Zufälle, denen wohl auch Luftsegler und Reisende auf hohen Bergen ausgesetzt sind. Alle Gefäße werden aufgetrieben, das Blut tritt aus ꝛc., Alles die Folge der im Innern des Thieres der äußeren Luftverdünnung gemäß sich ausdehnenden Luft. Vögel verlieren schon nach wenigen Kolbenzügen das Leben, erwachen aber wieder, wenn man bald wieder Luft zuläßt.

Jenes ist ein Zeichen, daß die Luft der höchsten Regionen, in welche Vögel aufsteigen, noch bei weitem nicht die Dünnheit der Luft unter dem exantlirten Recipienten der Luftpumpe hat. Insecten sterben in starkverdünnter Luft erst nach mehreren Stunden und noch später eben erst geborene Thiere. Im luftverdünnten Raume lassen sich Körper, welche Feuchtigkeit enthalten (Fleisch, Früchte, Milch u. dgl.), sehr lange aufbewahren, ohne zu verderben und ohne ihren Geschmack zu verlieren, weil die Feuchtigkeit, welche sie früher verderben macht, bei der Auspumpung in Dampf verwandelt und ihnen daher entzogen wird. Auch die Wärme wird im luftleeren Raume nicht fortgeleitet, daher bleibt glühendes Eisen viel länger in ihm heiß als in der Luft. Dagegen scheint die Elektricität im luftleeren Raume in viel größeren Weiten mit sichtbarem, aber schwachem Lichte überzuströmen als in der Luft. Reines trocknes Queckſilber, das in einem solchen Raume auf eine recht reine trockne Glasglocke aus einem feinen gläsernen Trichter oder durch die Poren von Holz herabregnet (durch Reibung elektrisch wird), leuchtet im Dunkeln.

Sowie sich viele Erscheinungen in verdünnter Luft anders gestalten als in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, so ist ein Gleiches auch in verdichteter Luft der Fall. Auch zu diesen Versuchen kann man sich wenigstens gewisser Arten von Luftpumpen bedienen.

Um die Mächtigkeit des Druckes der verdichteten Luft zu zeigen, kann man eine Blase auf eine Röhre binden, welche sich anstatt des Tellers auf die Communicationsröhre schrauben läßt. Wird in dieser Blase die Luft immer mehr verdichtet, so zerplatzt sie endlich mit einem sehr heftigen Knall und die Stücke der ganz zerfetzten Blase werden weit umher geworfen. Bringt man eine mit Luft gefüllte, fest zugebundene Blase unter den Recipienten und verdichtet die sie umgebende Luft, so wird die Blase immer mehr zusammengedrückt, je weiter die Verdichtung getrieben wird. Verdünnt man die Luft im Recipienten wieder, so schwillt die Blase wieder auf. In verdichteter Luft ist der Schall stärker als in gewöhnlicher, wie man dies durch einen Versuch nachweisen kann, analog dem über den Schall in verdünnter Luft. Thiere können in einem abgeschlossenen, mit verdichteter Luft gefüllten Raume länger leben, als in einem gleich großen abgeschlossenen Raume voll atmosphärischer Luft, weil in jenem mehr Sauerstoffgas enthalten ist. Bringt man eine Wage, an welcher in atmosphärischer Luft ein kleines Stück Metall mit einem großen Stücke Kork ins Gleichgewicht gesetzt worden, in den luftverdichteten Raum, so sinkt der Kork und das Metall steigt.

Welche Beschaffenheit würde die Erdoberfläche haben, wenn sie nicht von einer atmosphärischen Hülle umgeben wäre? Sie würde zunächst kein Aufenthaltsort lebendiger Wesen sein, wenigstens nicht von der Organisation der jetzt die Erdoberfläche bevölkernden Geschöpfe. Es gäbe keinen Athmungsproceß! Nur dem Gesetze der Schwere gehorchend, nicht von Luft zum Theil getragen und gehoben, würden die Geschöpfe einer der Atmosphäre beraubten Erde nicht jene Schnellkraft der Glieder, also auch nicht die Regsamkeit der jetzigen Geschöpfe besitzen. Geflederte Geschöpfe, welche sich über die feste Erdoberfläche zu erheben vermöchten, könnte es gar nicht geben. Langsam und schwerfällig würden die Geschöpfe auf dem Boden hinkriechen. Aber auch lautlos würde eine solche Erde sein, es fehlte ja die Trägerin des Schalles: die Luft. Es gäbe keine Sprache, es fehlte also das wichtigste

Mittel der edleren Geselligkeit, der Mittheilung der Ideen. Auch der unlebendige Theil der Schöpfung würde sich ganz anders verhalten. Die Pflanzenwelt, welche von der Luft zum Theil gehoben, getragen und genährt wird, könnte nicht gedeihen. Es gäbe keine Winde, keinen Regen, nicht Schnee, nicht Hagel, nicht Thau, keine elektrischen Gegensätze von Wolkengebilden gegen einander und gegen die Erde. Es gäbe keinen Verbrennungsproceß, keinen Oxydationsproceß an der Erdoberfläche; also starr, bewegungslos, unveränderlich wäre dieselbe, nur subtellurische Kräfte würden vielleicht noch zuweilen gewaltsame Veränderungen an der Oberfläche erzeugen, jener langsame, aber ununterbrochene Strom des Werdens und Vergehens, welcher durch die Berührung der Luft und in allen Körpern an der Erdoberfläche hervorgebracht wird, wäre aufgehoben. Auch der wärmende Einfluß der Sonnenstrahlen, die mannigfachen Wechsel der Lichterscheinungen würden wo nicht ganz verschwinden, doch nur in langweiliger Gleichförmigkeit erfolgen. Wo sich auch etwa Wärme erzeugte, da würde sich dieselbe nicht in der Weise fortzupflanzen und auszugleichen vermögen, wie durch die Luft geschieht. Auch der Stein würde schwerer lasten auf der Erdoberfläche, denn auch dieser wird ja durch die Luft um das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Luftmasse leichter gemacht. Ueber der starren Erdrinde wölbte sich der Himmel nicht als ein blaues lichterfülltes Gewölbe, hier und da von Wolken durchzogen, die bald als finster drohende Massen mit goldigen Rändern, bald in den herrlichsten Farben prangend erscheinen, sondern als ein schwarzes Gewölbe ohne Farbe und ohne Glanz würde sich der Himmel darstellen, an welchem die Sterne bei Tage wie bei Nacht mit demselben Lichte schienen. Die Luft ist die immer thätige Vermittlerin in dem steten großen Kreislaufe der Natur der Erde. Dumas*) hat den Gedanken geistreich, mit wissenschaftlicher Gründlichkeit dargethan, daß sich die uranfängliche Atmosphäre der Erde in drei große Antheile parcellirt hat: Luft, Pflanzenwelt und Thierwelt, unter welchen drei Massen fortwährende Auswechselungen stattfinden. Die Materie steigt von der Luft herab zu den Pflanzen, diese nähren die Thiere unter dem steten Einflusse der Luft, jedes Thier ist eine Art von Verbrennungsmaschine, durch welche wieder in die Luft zurückkehrt, was ihr von der Pflanzenwelt entzogen wurde.

Da man aus dem Barometerstande das Gewicht der atmosphärischen Luft und da man ferner das Gewicht der Luft im Verhältniß gegen Wasser und Quecksilber kennt, so würde es leicht sein, die Höhe der Atmosphäre zu berechnen, wenn dieselbe von dem Grunde bis zur äußersten Grenze eine gleichförmige Dichtigkeit besäße. Den mittleren Barometerstand zu 28 Zoll angenommen, ist nämlich das Gesammtgewicht der Atmosphäre gleich dem Gesammtgewicht eines Quecksilbermeeres, welches die ganze Erdoberfläche umfluthete und überall eine Tiefe von 28 Zoll hätte. Nennen wir h die Höhe der Atmosphäre, so müßte sich diese zur Höhe des Barometerstandes umgekehrt wie die Dichtigkeit des Quecksilbers gegen die der Luft verhalten. Und da man gefunden, daß das Quecksilber 10467,5 Mal so schwer als Luft (gegen Luft = 1) ist (s. S. 470), so hätte man die Proportion h : 28 Zoll = 10467,5 : 1. Hiernach wäre h = 28. 10467,5 Z. = etwa 24424 Par. F. oder etwas über 1 geogr. M. (welche = 22842½ Par. F.).

*) Versuch einer chemischen Statik der organischen Wesen. Aus d. Franz. v. Vieweg. Leipzig 1844.

Die höchsten Bergspitzen (z. B. des Himalaya von 26340 F. Höhe) würden über sie hinausragen. Diese ganze Berechnung ist jedoch falsch, denn die Luft ist elastisch und also zusammendrückbar, ihre Dichtigkeit verhält sich wie das Gewicht, welches sie zusammendrückt. Daher müssen die untern Schichten der Atmosphäre dichter sein als die oberen, weil sie durch ihr eigenes Gewicht zusammengedrückt wird. Man kann sich die Atmosphäre vorstellen als zusammengesetzt aus einer Reihe concentrischer über einander lagernder Schichten, von denen eine jede um so dünner ist, je weiter sie vom Mittelpunkte der Erde absteht. Stellen wir uns vor, die Abtheilungen des nachfolgenden Schema's bezeichneten die einzelnen Schichten der Atmosphäre und ihre entsprechenden Höhen (h), so ergeben sich hiernach die Dichtigkeiten (d), wenn wir die der obersten = 1 setzen: 1, 2, 4, 8 u. s. w., und wenn wir die unterste = 1 setzen: 1, $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$ u. s. w.

h = 4	d = 1	d = $^1/_8$
h = 3	d = 1 + 1 = 2	d = $^1/_4$
h = 2	d = 1 + 2 + 1 = 4	d = $^1/_2$
h = 1	d = 1 + 2 + 4 + 1 = 8	d = 1

Gesetzt also, die Temperatur und die Zusammensetzung der Atmosphäre wären unveränderlich, so würden, während die Höhen der Luftschichten in arithmetischer Progression zunehmen, die entsprechenden Dichtigkeiten derselben in geometrischer Progression abnehmen. Aber die Wärme, welche sich in der Atmosphäre entwickelt, wirkt dieser regelmäßigen Ablagerung der Luft entgegen. Die Wärme dehnt alle Körper aus und namentlich auch die Luft, und da die untersten Schichten der Atmosphäre im Allgemeinen die wärmsten sind, da die Temperatur der Luft vom Boden der Atmosphäre aus bis zu ihrer Grenze abnimmt, so wirkt die Wärme gerade dem eben erläuterten Gesetze entgegen, d. h. die dem Gesetze der Elasticität gemäß dichtesten Schichten werden durch die Wärme am stärksten ausgedehnt.

Das Gesetz aber, nach welchem die Temperatur mit der Höhe abnimmt, ist noch nicht genau bekannt. In der untersten Schicht der Atmosphäre variirt dieses Gesetz, welches man durch Beobachtungen direct zu bestimmen gesucht hat, nach den Tagesstunden, nach den Jahreszeiten, nach der Beschaffenheit des Bodens und nach der geographischen Lage. So fand z. B. Humboldt bei der Zusammenstellung der Resultate zuverlässiger Beobachtungen, daß in der heißen Zone innerhalb der Grenzen von 0 bis zu 4000 Meter 1 Grad Temperaturerniedrigung auf je 180 bis 190 Meter Erhebung kam, während in der gemäßigten Zone innerhalb der Grenzen von 0 bis 2900 Meter schon auf 150 bis 170 Meter Erhebung 1° Temperaturabnahme kam und nach Beobachtungen auf Spitzbergen (also in der kalten Zone) bei einer Erhebung um 172 Meter eine Temperaturabnahme um 1° beobachtet wurde.

Bei den Untersuchungen über die Dichtigkeitsverhältnisse der Luft in den verschiedenen Höhen der Atmosphäre muß man aber auch auf den Wasserdampf Rücksicht nehmen, welcher vom Boden derselben unter dem Einflusse der Wärme in die Atmosphäre sich ausbreitet und bald zum Theil ausgeschieden, bald wieder aufgesogen wird von der atmosphärischen Luft.

Um die Höhe zu bestimmen, bis zu welcher die Atmosphäre sich erhebt, muß man die Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Höhen berechnen können, ohne sich

sicht auf die zufälligen Einflüsse und in dem Mittelzustande zwischen den durch vorübergehende Störungen erzeugten Verdichtungen und Verdünnungen. Man gelangt dahin, wenn man die Temperatur der Luft kennt, ihren Druck und die Spannung des in ihr enthaltenen Wasserdampfes; vorausgesetzt, daß die Luft im Zustande der höchsten Kälte und Dünnheit noch das Gesetz der Ausdehnung und das Mariotte'sche Gesetz (nach welchem die Räume sich umgekehrt verhalten wie die Drucke) befolgt, was noch keineswegs erwiesen ist. Um eine genaue Werthbestimmung zu haben, müßte man noch in Rechnung ziehen: erstens die Abnahme der Schwere, im Verhältniß der Erhebung in die Luft, indem die Anziehung der materiellen Theilchen von der Gesammtmasse der Erde mit der Entfernung vom Mittelpunkte abnimmt; zweitens die Veränderung der Centrifugalkraft nach Maßgabe der geogr. Breite, indem jedes einzelne Lufttheilchen sich unter dem Einflusse der Axendrehung der Erde in desto schnellerer Bewegung befindet, je weiter es von der Drehungsaxe der Erde absteht, also auch je näher bei dem Aequator, je entfernter von den Polen es sich befindet. Indeß sind diese beiden Einflüsse nur schwach und haben auf die gesuchten Werthe nur einen geringen Einfluß, weil die Höhe der Atmosphäre über dem Boden immer nur eine verhältnißmäßig sehr geringe ist im Vergleiche mit dem Halbmesser des Erdkörpers. Man sieht hieraus, daß man auf Grund des genau bekannten Gleichgewichtsgesetzes der Atmosphäre nur zu einigen Schlußfolgerungen über die Höhe der Atmosphäre gelangt. Diese Höhe ist begrenzt und kann nicht allzu beträchtlich sein. Hätte die Luft keine Ausdehnsamkeit, so würde die Grenze der Atmosphäre in denjenigen Punkten sich befinden, in denen die Centrifugalkraft mit der Schwere im Gleichgewichte steht; da aber diese Voraussetzung falsch ist, so muß ihrem Streben sich auszudehnen nothwendig durch irgend eine Kraft das Gleichgewicht gehalten werden. Diese Kraft ist für die unteren Luftschichten das Gewicht der über ihnen lastenden Luftschichten. Aber je höher man sich erhebt, desto dünner wird die Luft und auf der letzten Luftschicht findet nichts mehr, was ihre weitere Ausdehnung hindert. Wenn nun dennoch die Atmosphäre begrenzt ist, wie aus unten zu erwähnenden Gründen unzweifelhaft ist, so können sich diese Luftschichten nicht in den Weltraum verlieren, sobald in Betracht ihrer außerordentlichen Kälte ihre physische Beschaffenheit so modificirt ist, daß sie das Streben sich noch weiter auszudehnen eingebüßt haben. Laplace hat die Nothwendigkeit dieser Bedingung nachgewiesen, Poisson hat sie specificirt, indem er gezeigt, daß das Gleichgewicht noch möglich sei bei einer beträchtlichen letzten Dichtigkeit, vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit nicht expansibel ist. Biot endlich bezeichnet diesen Zustand der letzten nicht expansiblen atmosphärischen Schichten, indem er sagt, sie müßten wie eine nicht verdampfbare Flüssigkeit sein.

Gegen diese Annahme spricht allerdings der Umstand, daß empirisch bei keiner Luftverdünnung zuletzt ein Zustand der Unfähigkeit weiterer Expansion vorkommt. Man müßte denn einen Versuch von Faraday zu Gunsten der Ansicht, zu welcher die Nothwendigkeit der Begrenzung der Atmosphäre hindrängt, anführen wollen. Faraday*) beobachtete nämlich eine langhalsige Flasche, in welcher unten am Boden einige Tropfen Quecksilber sich befanden und an deren Stöpsel ein Goldblättchen befestigt wurde. Im Sommer, bei warmer Temperatur, die be-

*) Pogg. Ann. Bd. IX. S. 1. Bd. X. S. 545. — Vergl. Vogt, Geologie. Bd. I. S. 39. — Handwörterb. d. Chemie. Bd. I. S. 538.

kanntlich die Elasticität der Gase sehr erhöht, wurde das Goldblättchen gebleic die Queckſilberdämpfe erhoben ſich demnach bis zu dem Stöpſel. Im Winter ab wenn man die Flaſche in der Kälte hielt, zeigte das Goldblättchen nicht die mind Veränderung. Es war mithin offenbar, daß die Queckſilberdämpfe nicht mehr l zum Stöpſel ſich erhoben, ſondern eine beſtimmte obere Grenze zeigten, über wel ſie in der Kälte nicht hinausgingen. Der nämliche Verſuch wurde in der Art wied holt, daß man concentrirte Schwefelſäure auf den Boden des Glaſes goß und e ein Zinkblättchen anbrachte. Das Reſultat war daſſelbe. In der Kälte erhob die Atmoſphäre des Schwefelſäuregaſes nicht bis zu dem Metalle, das durch nicht angegriffen wurde, während es in der Wärme ſogleich zerfreſſen wurde.

Der Queckſilberdampf iſt 6,98 Mal ſo dicht als atmoſphäriſche Luft und bei 100° C. eine Spannkraft, welche nur 0,00004 des gewöhnlichen Druckes Atmoſphäre beträgt. Er verbindet alſo mit einem großen ſpecifiſchen Gewi eine ſehr geringe Spannkraft und hierin liegt ohne Zweifel die Urſache, weſh ſich die erwähnte Erſcheinung an ihm ſo leicht beobachten läßt, obgleich dieſelbe o Zweifel wenigſtens allen Dämpfen eigenthümlich iſt. Genauere Angaben m Berzelius*) über die Begrenzung der Queckſilberatmoſphäre. Bei 0° ſoll ganz dicht über der Oberfläche des Metalles lagern, bei 10° einige Zoll hoch i derſelben und bei 20° ſich bis zu 10 Zoll erheben.

Dieſe Beobachtungen bezogen ſich jedoch nur auf eine künſtliche Dampfat ſphäre, nicht auf eine begrenzte Gasatmoſphäre, und es kann, genau genomm aus ihnen nur geſchloſſen werden, daß auch in der Erdatmoſphäre der Waſſerda nur bis zu einer gewiſſen Höhe in noch (chemiſch) merkbarer Dichte aufſteigen w und daß die Temperaturverhältniſſe dieſe Höhe in ihrem Abſtande vom Mit punkte der Erde bedingen werden.

Aus dem Mitgetheilten ſieht man, daß eine zuverläſſige Beſtimmung über Höhe der Atmoſphäre bei dem gegenwärtigen Stande unſerer Kenntniſſe, bei m Zweifeln über die Natur der Gaſe, über die Abnahme der Temperatur mit Höhe, über das Verhalten des Waſſerdampfes in größeren Höhen ꝛc. noch n möglich iſt. Man muß ſich daher mit ungefähren, auf gewiſſen Vorausſetzu gegründeten Beſtimmungen, auf Berechnungen der Höhen, über welche ſich die moſphäre nicht erheben und unter welche ſie nicht ſinken kann, ohne mit bek ten Erſcheinungen und Geſetzen in Widerſpruch zu kommen, begnügen.

Biot kam bei der Prüfung der Temperaturbeobachtungen, welche G Luſſac auf ſeiner Luftreiſe angeſtellt, zu folgenden Schlüſſen**).

Beim Aufſteigen von dem Boden bis zu einer Höhe von 7000m (die ſelbſt wurde nach der reſpect. Verkürzung der Barometerſäule berechnet) betru geſammte Temperaturabnahme 38°, 40; aber dieſe Abnahme vertheilte ſich gleichmäßig auf den ganzen Abſtand. Die Geſchwindigkeit der Abnahme ſt ſich in dem Verhältniß, in welchem die Höhe zunahm.

---

*) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. Bd. I. S. 336.

**) Die Temperatur an der Oberfläche des Bodens um 9h 40′ Morgens am 29. F dor des J. 12 (15. September 1804) betrug 27°, 75, die Barometerhöhe 75cent, 525 der höchſten Höhe, zu welcher der Luftballon gelangte, war die Länge der Queckſilb im Barometer 32cent, 88, die Temperatur 9°, 5. Die Erhebung betrug 6977m, 4 über oder 1010m über dem Niveau des Meeres. S. Ann. de chim. T. LII. p. 75.

In der untern Schicht entspricht 1° Temperaturabnahme einer Niveaudiffe-
nz von 196m; in einer Höhe von 6925m entspricht dieselbe Temperaturabnahme
n 1° einer Niveaudifferenz von nur 165m, während die Dichte der Luft
ur 0,5 und der Druck nur 0,4342 ist, diese Dichte und diesen Druck am Boden
= 1 gesetzt. In 22 Stationen, in welchen Gay-Lussac die Temperatur be-
immte, nahmen die Dichtigkeiten ungleich schneller ab als die Drucke. Wenn
s Verhältniß, welches in den 16 letzten Stationen stattfand, sich fortsetzte bis
hin, wo der Druck = 0, so müßte die Gesammthöhe der Atmosphäre ungefähr
0000m betragen und die Dichtigkeit der Luft an ihrer Grenze würde 0,09666
er ungefähr $^1/_{10}$ der ursprünglichen Dichtigkeit (am Boden) sein und diese
ft müßte sich in einem Zustande befinden, welcher eine weitere Expansion nicht
attete. Aber diese Annahme beruht auf der Voraussetzung, daß die Gesetze der
ammendrückung und der Ausdehnung sich überall gleich bleiben, was nicht er-
ien ist. Nimmt man an, die Atmosphäre habe eine Höhe von 62300m oder
as über 15 Lieues (etwa 8,4 geogr. M.), so würde die Dichtigkeit der letzten
icht $^{73}/_{10000}$ der Dichtigkeit der Luft an der Oberfläche des festen Erdkörpers
n. Biot hat auch die fünf Beobachtungen von Humboldt, welche dieser
Juni 1802 auf dem Chimborasso angestellt und von denen die letzte in einer
he von 5879 Meter stattfand, in Betracht gezogen, sowie die 1827 von Bous-
ngault auf dem Chimborasso und dem Antisana bis zu Höhen von 5900 und
00m gemachten, und ist zu denselben Resultaten gelangt.

Bestimmte Beweise von der Begrenzung der Atmosphäre haben Laplace
Wollaston gegeben. Laplace*) berechnete die Grenze, bis zu welcher
Erde noch eine Atmosphäre haben kann, d. h. die Grenze, über welche hinaus-
mt jeder Körper wie ein Mond in 24 Stunden um die Erde sich herumbewe-
müßte, wo die mit der Höhe zunehmende Centrifugalkraft der Schwere das
chgewicht halten würde. Die Berechnung dieser Höhe läßt sich wie folgt an-
lm. Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze verhalten sich die Quadratzah-
der Umlaufszeiten von Trabanten wie die Cubikzahlen ihrer mittleren Abstände
dem Centralkörper. Nehmen wir nun den Abstand des Mondes von dem
telpunkte der Erde zu 60 Erdhalbmessern, die Umlaufszeit des Mondes zu 27
gen an und nennen wir den Abstand, welchen wir suchen, d. h. den Abstand der
nze, in welcher Schwere und Centrifugalkraft einander das Gleichgewicht halten,
o haben wir, da die Umlaufszeit eines Körpers an dieser Grenze 24 Stunden
1 Tag sein würde: $27^2 : 1 = 60^3 : x^3$. Diese Proportion giebt $x^3 =$
,
woraus $x = 6{,}66 \ldots$ gefunden wird, d. h. die gesuchte Grenze würde 6,66
halbmesser von dem Mittelpunkte der Erde abstehen; die äußerste Grenze der
osphäre, welche überhaupt möglich, wäre in einem Abstande von 5,66 Erd-
messern von der festen Erdoberfläche, d. h. in einer Höhe von etwa 4865 Meilen.
dere Betrachtungen beweisen aber, daß die Grenze der Atmosphäre jedenfalls
niedriger liegt.

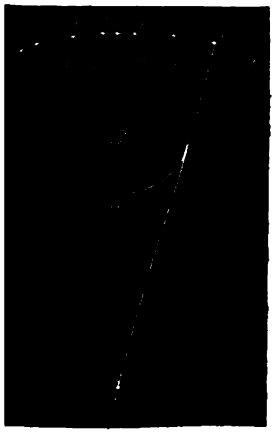
Auf astronomische Beobachtungen gründet sich der Beweis Wollaston's**)

*) Exposit. du syst. du monde. Chap. X.
**) Philos. Transact. 1822. T. I. p. 89. Ann. of Philos. No. 5. T. IV. p. 251. Gilb.
n. Bd. LXXII. S. 37. Vogt, Lehrb. d. Geologie. Bd. I. S. 40.

von der Begrenztheit der Atmosphäre. Um die Absurdität der entgegengesetzte Annahmen einer allgemeinen, den Raum erfüllenden Atmosphäre, die um jeden ei zelnen Himmelskörper im Verhältniß seiner Attractionskraft verdichtet wäre, nac zuweisen, braucht man nach seinem Beispiele nur die Folgen einer solchen Annahm zu berechnen. Die Attraction steht bekanntlich im directen Verhältnisse zur Ma der Himmelskörper und man könnte daraus und aus ihren respectiven Entfernu gen die Punkte berechnen, wo ein Molekel dieser allgemeinen Atmosphäre in gl chem Grade von beiden Himmelskörpern angezogen würde, und ebenso auch d Punkt, wo die Dichtigkeit der Atmosphäre des einen derjenigen, welche an d Oberfläche des andern Himmelskörpers herrscht, gleichkäme. Führt man nun zu Beispiel diese Rechnung für das Verhältniß zwischen dem Monde und der Er aus, so zeigt es sich, daß in einer Entfernung von 8046500 Metern von der Ob fläche der Erde derjenige Punkt sich befindet, wo die Attractionskraft der Erde Attractionskraft der Oberfläche des Mondes gleich ist. Die Atmosphäre der würde demnach an dem angegebenen Punkte dieselbe Dichtigkeit besitzen, wie Atmosphäre des Mondes unmittelbar an der Oberfläche dieses Satelliten. N aber in einer Höhe von 64000 Metern schon der Druck der Luft auf die Quec säule des Barometers nur noch einem Viertelmillimeter gleich, d. h. fast versch den, und da dieser Druck im Quadrate der Entfernungen abnimmt, so ist e einer Entfernung von 8 Millionen Metern schon längst gleich Null zu setzen. Mond hätte demnach gar keine, für uns merkbare Atmosphäre. Dies ist un in der That der Fall mit dem Monde, an welchem man noch keine Atmosphäre b decken können, da die Sterne, welche hinter ihm durchgehen, nie eine Abw in ihrem Laufe zeigen, was doch der Fall sein müßte, wenn eine Atmosphär handen wäre, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange in einem Winkel bräche.

Das gleiche Raisonnement aber, welches hier bei dem gegebenen B weder für noch gegen beweist, muß sich auch auf die andern Weltkörper anw lassen. Die Masse der Sonne ist bekanntlich weit größer als die der Erde, Anziehungskraft ungeheuer, das Gewicht der Körper an ihrer Oberfläche bedeu größer. Ein Körper, der auf der Erde 1 Kilogramm wiegt, würde auf der So etwa 28 Kilogramme wiegen. In einer Entfernung von der Oberfläche der So die etwa $5^1/_2$ Mal den Halbmesser der Sonne betragen müßte, was eine ungeh Entfernung ist, würde die Atmosphäre der Sonne eine Dichtigkeit besitzen, we derjenigen der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde gleich käme. Von die Punkte aus bis zu der Oberfläche der Sonne hin muß die Dichtigkeit dieser mosphäre beständig zunehmen, und es ist leicht zu berechnen, daß noch in bedeu der Entfernung von der Sonne die Atmosphäre derselben die Dichtigkeit des Qu silbers erlangt haben müßte. Man könnte zwar behaupten, daß die ungeh Temperatur, welche vielleicht in der Sonne oder an ihrer Oberfläche herrscht, die Verhältniß herabdrücken müßte; indeß kann auch dieser Factor nicht so groß s daß dadurch ein bedeutender Unterschied entstehen sollte. Mit der Zunahme Dichtigkeit einer Atmosphäre nimmt aber auch deren Brechungskraft für die Li strahlen zu. Bekanntlich beträgt die brechende Kraft unserer Atmosphäre etwa ein Grad und ein Lichtstrahl, der aus dem Raume zu uns gelangt, wird etwa um ein Grad des Kreises nach innen gebrochen. Bei der Sonne müßte diese brechen Kraft, die im Verhältniß der Dichtigkeit der Atmosphäre steht, viel bedeutend

fein und daraus müßten sehr merkbare Veränderungen im scheinbaren Laufe der Gestirne entstehen, sobald diese sich der Sonne nähern. Wir können bekanntlich, mittelst dieser brechenden Kraft verschiedener Medien, Körper scheinbar in gerader Linie sehen, welche bei ungebrochenen Lichtstrahlen uns durchaus unsichtbar sind. Ein Gestirn, welches hinter der Sonne durchginge, müßte eine Zeit lang, je mehr es sich der Sonne nähert, immer langsamer und langsamer vorrücken, weil die von ihm ausgesandten Strahlen immer dichtere und dichtere Schichten der Sonnenatmosphäre durchdringen, demnach immer stärker und stärker gebrochen werden müßten, bis es plötzlich in einem bedeutenden Ruck auf die andere Seite der Sonne rückte und nun mit stets zunehmender Schnelligkeit sich von derselben zu entfernen schiene, bis es seine ursprüngliche Geschwindigkeit wieder erlangt hätte. Gesetzt, in der beifolgenden Figur sei a die Sonne, b ihre Atmosphäre



von dem Punkte an, wo dieselbe so dicht ist, als die Atmosphäre der Erde, c die Erde, d ein Stern, welcher die Bahn fg zu durchlaufen hat. So lange der Stern noch in dem Punkte e steht, werden seine Lichtstrahlen ungebrochen zu uns, die wir uns auf der Erde c befinden, gelangen, wir werden ihn deshalb an seiner richtigen Stelle sehen. Ist der Stern bei i, so werden seine Lichtstrahlen durch die Sonnenatmosphäre b gebrochen, er wird deshalb scheinbar nur bei i' zu stehen scheinen. Je weiter er bei dem Punkte k ankommt, desto mehr werden seine Lichtstrahlen gebrochen und er wird deshalb nur bei k' zu stehen scheinen. Endlich bei m steht er in gerader Linie hinter der Sonne und ist deshalb unsichtbar. Sobald er aber auf der andern Seite bei n angekommen ist, wird sich dasselbe Phänomen k auf der andern Seite wiederholen und er wird uns deshalb bei n' zu stehen heinen. Der Stern, der in derselben Zeit die gleichen Distanzen der Punkte e, i, und n, o, p durchlaufen hat, wird scheinbar für uns in denselben Zeitabschnitten immer kürzer werdenden Distanzen von e nach i' k' durchlaufen haben und dann plötzlich von dort einen Sprung nach n' gemacht zu haben scheinen, von wo aus nun seine Bewegung successiv zunimmt, indem er scheinbar nach o' und p zu rücken heint, während er in der That nach o und p geht. Dies ist nun nicht der Fall der Natur. Wollaston und später Vidal haben Beobachtungen über die Bewegung der Venus gemacht, während sie hinter der Sonne durchging. Diese Beobachtungen sind nicht leicht; der Planet ist sehr schwer zu sehen und Irrungen r, der bedeutenden Lichtstärke der Sonne wegen, fast unvermeidlich. Indessen aus den Beobachtungen dieser Männer hervorgegangen, daß die Venus in der ähe der Sonne sich ziemlich regelmäßig zu bewegen scheint und daß jedenfalls ne so bedeutenden Abweichungen sich finden, als statthaben müßten, wenn die nahmten Verhältnisse beständen.

Wollaston hat auf die nämliche Weise die Bewegung der Monde des Ju- er betrachtet. Dieser Planet hat bekanntlich eine weit größere Masse als die de, und seine Anziehungskraft ist so groß, daß ein Kilogramm auf ihm $2^1/_2$ Kilogramm wiegen würde. Der Punkt, wo seine Atmosphäre gleiche Dichtigkeit

mit der Erdatmosphäre haben müßte, liegt in einer Entfernung, welche 18 m
den Halbmesser der Erde beträgt. Nun hat dieser Planet 4 Monde, die alle i
sehr bestimmten Distanzen um ihn kreisen und deren Bewegung auf das genauc
bekannt ist. Hätte der Jupiter eine so bedeutende und so dichte Atmosphäre, w
ihm nach der Annahme einer allgemeinen, den Raum ausfüllenden Luft zukomm
müßte, so würden beständig die größten scheinbaren Perturbationen in dem Lau
dieser Satelliten beobachtet werden müssen. Ja Wollaston hat berechnet, d
der vierte Mond in gewissen Entfernungen, wenn er genau hinter dem Jupi
steht, gar nicht durch denselben gedeckt werden würde, sondern vermöge der star
Refraction von allen Seiten gesehen werden müßte. Der vierte Mond würde in d
ser Stellung, die Wollaston berechnet hat und die häufig vorkommt, wie
runder Heiligenschein um die Scheibe des Jupiter sich darstellen. Dies ist a
nie der Fall und somit die ganze Hypothese falsch.

Es ist demnach mathematisch nachweisbar, daß alle Planeten, alle W
körper, bei welchen eine Dunsthülle nachgewiesen ist, und somit auch unsere E
durchaus begrenzte Atmosphären besitzen, und daß dieselben nicht als verd
Zonen einer aus dem Raume stammenden, allgemeinen Atmosphäre angesehen
den können.

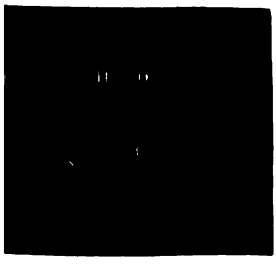
G. G. Schmidt *) suchte die Grenze der Atmosphäre da, wo die specifi
Elasticität (Expansivkraft) der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kom
So richtig die seiner Rechnung zu Grunde gelegten Principien sind, so unzu
lässig waren, wie er selbst anerkannte, die Annahmen über die Abnahme der Te
peratur mit der Höhe und folglich auch seine Resultate. Indem er von der A
nahme ausging, daß jeder Erhebung um 121,1 Toisen eine Temperaturabnah
von 1° R. entspreche, fand er die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator
einem mittleren Barometerstande von 337,3 Pariser Linien und einer mittle
Temperatur von 22°,4 R. 27631 Toisen = 7,22 geographische Meilen, dage
für die Stelle der Erdoberfläche, wo bei demselben mittleren Barometerstande
mittlere Temperatur = 0° wäre: 25128 Toisen = 6,6 geogr. M. Bei ei
zweiten Berechnung ging G. G. Schmidt von dem zuerst von Lambert auf
stellten Gesetze aus, daß die Wärme-Abnahmen in der Atmosphäre den jedesmali
Temperaturen oder Spannkräften der Wärme proportional seien, und fand nun
Höhe der Atmosphäre (unter denselben Voraussetzungen über Temperatur und B
rometerstand) unter dem Aequator 27,5 geogr. M., unter den Polen 27,1 geo
M. Schmidt hielt das letztere Resultat für zuverlässiger, hauptsächlich aus d
Grunde, weil höchst wahrscheinlich die Temperaturabnahme in den höheren R
gionen der Atmosphäre langsamer als in den niedrigeren erfolge. Die Erfahru
bei der Luftreise von Gay-Lussac zeigt aber gerade das Gegentheil (s. S. 48
nämlich eine schnellere Abnahme der Temperatur in den höheren Regionen als
den niederen.

J. C. E. Schmidt **) berechnete die Höhe einer isolirten Luftsäule unter d
Aequator und unter den Polen. Er nahm an, daß die mittlere Temperatur un
dem Aequator 25° C., unter den Polen 0° sei, daß unter dem Aequator auf 600

*) Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 309.
**) Schmidt, mathem. und phys. Geogr. Bd. II. S. 237.

nd unter den Polen auf je 500 F. Erhebung eine Temperaturabnahme von 1° C. omme, und fand so die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator 175000 F. = 7,7 Meilen, unter den Polen 132000 F. = 5,8 Meilen.

Schon im 12. Jahrhundert suchte ein arabischer Naturforscher, Alhazen *), ie Höhe der Atmosphäre auf Grund ganz anderer Betrachtungen als die bis jetzt rwähnten zu bestimmen, indem er diese Grenze dort suchte, wo die Luft eben noch icht genug ist, um die Strahlen der Sonne zu brechen und zurückzuwerfen. Es ruht diese Untersuchung auf den Beobachtungen und Erklärungen der Dämmerung (s. d. Art.). Wenn auf der mit dem Luftkreise umgebenen Erdkugel für den Ort O die Dämmerung aufhört und der letzte Strahl der Sonne HO im Horizonte dieses Ortes zum Auge O gelangt, so steht die Sonne selbst schon 18° unter dem Horizonte JHO (vergl. d. Art. Dämmerung). Ihr letzter Strahl SH trifft also den Horizont bei H unter dem Winkel SHJ = 18° und wird von dem Lufttheilchen H, auf welchem CH senkrecht gedacht wird, so nach O reflectirt, daß SHC = CHO, wie dies die Gesetze der Zurückstrahlung erfor-



rn. Daher ist CHO = $^1/_2$ SHO = $^1/_2$ (180° — SHJ) = 81°, indem HJ angeführtermaßen = 18°, woraus der dritte Winkel C des bei O rechtwink-en Dreiecks COH = 9° folgt. Man hat also in diesem Dreiecke CO : CH = sec 9°, woraus CH = CO sec 9°, und CH — CO, d. i. die Höhe des Luft-ies bis zu der angegebenen Grenze = CO (sec 9° — 1) = 0,0124625. CO nahe $^1/_{80}$ CO oder, wenn CO (der Erdhalbmesser) zu 859$^1/_2$ geogr. M. ange-mmen wird, etwa 10 solcher Meilen folgt. Hierbei ist aber die Strahlenbre-ung (s. d. Art.) nicht in Anschlag gebracht, welche den Winkel SHJ etwa n $^1/_2$ Grad und den Winkel C also um 15′ verkleinert; zieht man noch dies, wie die der Natur der Sache nach überhaupt nicht vollkommene Genauigkeit der reffenden Angaben in Betracht, so sieht man sich veranlaßt, die gesuchte Größe wischen die Grenzen von 8 und 10 Meilen einzuschließen.

Kepler **) hat die Höhe der Atmosphäre ebenfalls auf etwa 10 geogr. M. stimmt und Delambre ***) berechnet sie auf etwas über 9,5 geogr. M. rago †) bestimmt die größte Höhe, wo die Luft noch dicht genug ist, um das cht der Dämmerung zu reflectiren, zu 58916 Meter = 7,92 Meilen. Die Be-hnung der Höhe der Atmosphäre aus den optischen Erscheinungen ist übrigens cht geeignet, zu Bestimmungen von deren wirklicher Grenze zu führen; denn die ftschicht, welche nicht mehr im Stande ist, das Licht auf eine merkliche Weise zu chen und zurückzuwerfen, braucht noch keineswegs die letzte und äußerste zu n. Es könnte über ihr noch sehr ausgebreitete dünnere Luftschichten geben. uch ist es nicht erwiesen, daß das zu uns gelangende Licht nur eine einzige Bre-ung erfahren habe.

*) Alhazen de crepusculis in F. Risneri thesaur. Opt. Basil. 1572. Vergl. Rürn-rger, Astron. Handwörterbuch Bd. I. S. 75.

**) Epit. Astron. Franc. 1635. p. 73.

***) Astron. theor. et prat. Par. 1814. T. III. p. 337.

†) L'Institut. 7. Ann. N. 267. p. 43.

So viel geht aus den verschiedenen Betrachtungen, die wir angeführt haben, hervor, daß die Atmosphäre jedenfalls begrenzt ist, daß sie höchst wahrscheinlich nicht über 27 geogr. Meilen und nicht unter 6 geogr. Meilen hoch ist und daß wir Grund haben, ihre ungefähre Höhe zu 10 bis 12 Meilen oder zu ungefähr $^{3}/_{20}$ des Erdhalbmessers anzunehmen.

Um sich eine ungefähre Vorstellung von der Dünnheit der Luft in den höheren Regionen der Atmosphäre zu machen, vergleiche man folgende Bestimmungen. Die Dünnheit der Luft, welche man mit guten Luftpumpen bewirken kann, muß die Atmosphäre nach Delue *) in einer Höhe von 7,4 Meilen haben. Hauton **) weist nach, daß die Luft in einer Höhe von 7 englischen Meilen bereits 7 mal dünner ist als an der festen Erdoberfläche. Muncke ***) berechnet eine Tabelle, nach welcher die Dünnheit der Atmosphäre gegen die Dichtigkeit derselben am Meeresspiegel bei mittlerem Barometerstande sich bestimmt wie folgt:

Höhe in geogr. Meilen	Dichte der Luft
0 oder Niveau des Meeres	1
0,5	0,645
1	0,416
2	0,172
3	0,0721
4	0,0300
5	0,0123
6	0,0052
7	0,00216
8	0,00090
9	0,000357
10	0,000156 ꝛc.

Bei einer Höhe von 30 Meilen würde die Luft ein Viertelbillionen [illegible] dünner sein als an der festen Erdoberfläche. Schon Newton ****) sagte, [illegible] in einer Höhe von 45 Meilen die Luft 75 Billionen Mal dünner sein würde als [illegible] Luft, welche wir zu athmen gewohnt sind. Es sind dies Angaben, für welche [illegible] keine Vorstellung mehr haben.

Die Atmosphäre, welche ein Gesammtgewicht hat, das so viel beträ[illegible] als das einer Queckſilbermasse betragen würde, welche den ganzen Erdkörper [illegible] einer ungefähr 28 Zoll hohen Schicht umgäbe, übt, wie gezeigt worden, auf [illegible] auf der festen Erdoberfläche befindlichen Körper einen Druck aus, und strebt [illegible] denselben überall einzudringen, zwischen die Bestandtheilchen der Flüssigkeiten, [illegible] in die Klüftungen der Felsen. Das Wasser enthält Luft und ebenso die Pflan[illegible] und alle organischen Gebilde; die Erde, die porösen Steine sind mit Luft geschw[illegible] gert, und zwar um so stärker, je bedeutender der Luftdruck ist. Man sieht hier[illegible] daß die an der Oberfläche der Erde befindliche Luft sich nicht auf den [illegible] beschränkt, welcher im gasförmigen Zustande in der Atmosphäre sich aufhält;

*) Untersuchungen über d. Atmosphäre. §. 794. Vergl. Biot astron. phys. [illegible] p. 26.

**) Dict. T. I. p. 183.

***) Gehler N. A. Bd. I. S. 480.

****) Princ. III. theor. 10.

roßer Theil der Luft befindet sich in den Gewässern des Meeres und überhaupt in er Oberfläche des festen Erdkörpers bis zu einer kaum bestimmbaren Tiefe. Sogar ie Ansicht ist aufgestellt worden, daß die Luft der Atmosphäre nur ein Theil einer nnern Atmosphäre sei, welche den Kern der Erde ausmache. Aber die Zunahme er Temperatur beim Eindringen unter die feste Erdoberfläche beweist eine innere ize des Erdkörpers, welche der Verdichtung der Gase entgegenwirkt, und setzt r Anwesenheit von Luft in den tiefern Schichten des Erdkörpers eine Schranke. Wäre diese innere Erdwärme nicht, so würde die Luft nach dem Mittelpunkte der rde zu immer dichter werden, sowie sie nach der Grenze der Atmosphäre hin mmer dünner wird. In welchem Maße diese Verdichtung erfolgen müßte, läßt h nach dem Mariotte'schen Gesetze leicht berechnen. Gegen Wasser = 1 würde e Dichte der Luft folgende sein:

bei	einer	Tiefe	von	0	Meilen	.	.	.	.	.	.		0,0013
=	=	=	=	1	=	.	.	.	.	.	.		0,0033
=	=	=	=	2	=	.	.	.	.	.	.		0,0084
=	=	=	=	5	=	.	.	.	.	.	.		0,1386
=	=	=	=	8	=	.	.	.	.	.	.		2,2833
=	=	=	=	10	=	.	.	.	.	.	.		14,7846

Schon bei einer Tiefe, welche ungefähr $^1/_{86}$ des Halbmessers der Erde trüge, würde also die Luft die Dichtigkeit des Queckfilbers haben. Es folgt raus mit großer Wahrscheinlichkeit nicht nur, daß die Annahme vom Vorhanein der Luft im Innern der Erde (s. d. Art.) falsch sei, sondern auch daß das ariotte'sche Gesetz wie in Bezug auf die Verdünnung, so auch in Bezug auf die rdichtung eine Grenze haben müsse.

Die Masse der Luft, welche in der angegebenen Weise in den Gewässern des rans sich verhält, läßt sich leicht annäherungsweise bestimmen. Man leitet diese ab aus den Beobachtungen, welche man über die Absorption von Gasen durch üssigkeiten angestellt hat. Bei dem gewöhnlichen Drucke von 16 Cent. absorbirt s Meerwasser ungefähr zwei bis drei Hunderttheile seines Volumens Luft, nur ß der Antheil des Sauerstoffs größer ist als in der gewöhnlichen Luft *). Da ser Antheil des im Wasser enthaltenen Gases mit dem Drucke sich vermehrt, dergeilt, daß nach dem Dalton'schen Gesetze das Volumen des im Wasser enthaltenen ses dasselbe bleibt, während seine Elasticität sich verändert, so kommt man zu r Ansicht, daß Wasser, welches in einer Tiefe von 1000 Meter geschöpft wäre t einem Drucke von 100 Atmosphären (10 M. auf 1 Atm. gerechnet) unterworfen

*) Nach einer Arbeit von Levy (Annal. de phys. et de chim. III. Sér., T. XVII. p. 5) hält das Meerwasser an seiner Oberfläche auf 4,45 Liter im Durchschnitt 92 Cub.-Cent. as bei einem Drucke von 76 Cent. Dieses Gas ist im Durchschnitt ein Gemisch von Cub.-Cent. Kohlensäure, 26 Sauerstoffgas und 52 Stickstoff, wozu noch ein kleiner Anil Schwefelwasserstoff kommt; außerdem erleiden die Verhältnisse dieser Gase im Laufe des ges Veränderungen: der Sauerstoff zeigt sich Abends etwas stärker als bei Nacht, die hlensäure dagegen nimmt gleichzeitig ab. Die Wirkung des Lichtes auf die organischen laterien spielt bei diesen Veränderungen die Hauptrolle. Im Allgemeinen enthält die Luft, lche im Wasser enthalten ist, 32 Antheile Sauerstoff auf 100, während in der gewöhnlichen ft auf 100 Theile 21 Theile Sauerstoff kommen.

wäre, hundertmal so viel Gas enthalten müßte, als das Wasser an der Oberfläche des Meeres. Die Resultate einiger Beobachtungen sind aber mit dieser Theorie im Widerspruche. Das in verschiedenen Tiefen geschöpfte Meerwasser enthält im Durchschnitt dieselbe absolute Quantität Gas. Aimé *) erklärt diese Unregelmäßigkeit, indem er annimmt, daß das absorbirte Gas, indem es zwischen den Poren der Flüssigkeit sich hindurchdrängt, von der Oberfläche bis zum Grund sich gleichförmig verbreitet, aber das Wasser ist nur wenig zusammendrückbar und der Druck der flüssigen Bestandtheile muß also von dem Wasser selbst getragen werden. Bei dieser Annahme muß nichtsdestoweniger die Spannkraft des absorbirten Gases von der Oberfläche des Wassers bis zum Boden zunehmen, weil das Gas durch das Gewicht der oberen Gasschichten gedrückt wird; aber in Betracht der Leichtigkeit der Luft im Verhältniß zu den hier vorkommenden Tiefen kann man bei der Berechnung diese Zunahme vernachlässigen. Im Allgemeinen kann man also annehmen, daß dem Rauminhalte nach das Wasser des Oceans $\frac{2,5}{100}$ Luft enthält, also ungefähr (da das specif. Gewicht der Luft gegen Wasser = 0,001 ist) $\frac{2,5}{100} \cdot \frac{13}{10000}$ dem Gewicht nach $= \frac{33}{1000000}$ (oder 0,000033). Angenommen nun, die Wassermasse des Oceans sei ungefähr so groß wie 1000 Meter Wasser, welche über die ganze Erdkugel vertheilt wären, so betrüge das Gewicht der in dieser Masse enthaltenen Luft 33 Millionentheile von 1000 Met. Wasser oder so viel wie das einer Wasserschicht von 33 Millimetern. Die im Ocean absorbirte Luft beträgt also nicht über $\frac{33}{10300}$ oder $\frac{1}{300}$ der in der Atmosphäre enthaltenen Luft **).

Die Ursache, welche die Abplattung der Erde hervorbringt, nämlich die durch die Axenumdrehung bewirkte Schwungkraft, welche am größten in der Ebene des Aequators ist, muß auf die Atmosphäre um so stärker wirken, je leichter beweglich die Bestandtheilchen derselben im Vergleich mit den Bestandtheilen der festen und tropfbar-flüssigen Erdoberfläche sind. Bei der Atmosphäre ist aber noch ein anderer Umstand von großem Einflusse, durch welchen die Erhebung derselben in der Ebene des Aequators und die Abplattung nach den Polen zu noch vermehrt werden muß. Während nämlich die Sonnenstrahlen nur auf eine sehr dünne Schicht der festen und tropfbar-flüssigen Erdoberfläche erwärmend wirken, üben sie in dieser Beziehung einen sehr großen Einfluß auf die unteren Schichten der Atmosphäre aus. Die klimatische Verschiedenheit der Aequatorialgegenden von den weiter nach den Polen zu gelegenen Gegenden beruht größtentheils auf dieser Erwärmung der unteren Schichten der Atmosphäre durch die mehr oder weniger senkrecht in sie einfallenden Sonnenstrahlen. Die Luft muß folglich in den Aequatorialgegenden durch die Wärme bedeutend ausgedehnt werden, es entsteht hier ein von unten nach oben aufsteigender Luftstrom, durch welchen die Atmosphäre in der Ebene des Aequators bedeutend gehoben werden muß. Directe Beobachtungen über die Höhe der Atmosphäre an den verschiedenen Orten der Erde, also auch über

*) Ann. de Phys. et Chim. III. Sér. T. VII. p. 501.

**) Vergl. Becquerel physique terrestre p. 296.

Gestalt der äußeren Umgrenzung der Atmosphäre lassen sich nicht anstellen. Man könnte daran denken, daß die mittleren Barometerstände der verschiedenen Orte der festen Erdoberfläche in dieser Beziehung Aufschlüsse geben müßten. Aber man muß nicht vergessen, daß die Dünnheit der Atmosphäre zugleich mit ihrer Höhe in den Äquatorialgegenden vermehrt wird, auch vermehrt sich mit der Entfernung der Lufttheilchen von der Erde die Leichtigkeit derselben, d. h. ihre Schwere vermindert sich, und daher kann der Barometerstand zweier verschiedenen (gleich hoch über der Meeresfläche gelegenen) Orte ganz gleich, also die über diesen Orten lagernden Luftschichten gleich schwer sein, während die absolute Höhe der Atmosphäre über beiden Orten doch ganz verschieden sein kann. Nur durch theoretische Betrachtungen kann man zu einer wissenschaftlich gerechtfertigten bestimmteren Vorstellung von der Begrenzung der Atmosphäre gelangen. Laplace *) hat gezeigt, daß (wenn man nur die Schwungkraft berücksichtigt) das Axenverhältniß des Sphäroids einer mit ihrem festen Körper zugleich um dessen Axe rotirenden Atmosphäre nicht größer als 3 : 2 sein kann. Nach einer Berechnung von v. Zach **), welche auf verschiedenen nicht vollkommen gerechtfertigten Voraussetzungen beruht, würde die Excentricität der Atmosphäre $= \frac{1}{338}$ sein. Nach den oben angegebenen Berechnungen der Höhe der Atmosphäre von G. G. Schmidt ergiebt sich eine Abplattung $= \frac{1}{254}$, nach den gleichfalls angeführten Bestimmungen von J. C. Schmidt eine Abplattung $= \frac{1}{177}$.

Sowie die atmosphärische Luft ihre Dichte im geringsten verändert, oder sich bei einem Orte mehr oder weniger anhäuft als zuvor, so ändert sich auch gleichzeitig der Druck, welchen dieselbe auf die von ihr umgebenen (in ihr untergetauchten) Körper ausübt. Zur Messung dieses Druckes bedient man sich verschiedener Instrumente, welche auf zwei unterschiedenen Principien beruhn. Entweder man bestimmt denselben aus der Länge einer Flüssigkeitssäule, welche durch den Druck der Atmosphäre getragen wird, sobald der Gegendruck der Atmosphäre aufgehoben wird; oder man bestimmt ihn aus dem Volumen, welches eine in ein Gefäß eingeschlossene Gasmenge einnimmt, wenn dieses Gefäß entweder vollkommen elastisch ist oder die Abschließung des in demselben eingeschlossenen Gases durch eine ohne merklichen Widerstand verschiebbare Substanz bewerkstelligt wird. Auf dem ersten Princip beruht das Barometer (s. d. Art.), auf dem zweiten beruhen verschiedene ältere und neuere Instrumente, über welche die Artikel Barofkop, Differentialbarometer, Sympiezometer, Volumbarometer handeln ***). Die Säule des Queckfilberbarometers verlängert sich in Folge der Niveauveränderung, welche das Queckfilber erfährt, sobald der Luftdruck zunimmt; sie verkürzt sich, sobald der Luftdruck abnimmt. Das Barometer ist richtig gebraucht das verlässigste Mittel, um alle Veränderungen im Drucke der Atmosphäre zu beobachten, und man würde aus seinen Anzeigen einen sicheren Schluß auch auf die

*) Mechanik des Himmels (Ueberf.) Bd. III. Cap. 7. S. 203.
**) Mon. Corr. Bd. XXI. S. 214.
***) Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 30.

wäre, hundertmal so viel Gas enthalten müßte, als das Wasser an der Oberfläche des Meeres. Die Resultate einiger Beobachtungen sind aber mit dieser Theorie im Widerspruche. Das in verschiedenen Tiefen geschöpfte Meerwasser enthält im Durchschnitt dieselbe absolute Quantität Gas. Aimé *) erklärt diese Unregelmäßigkeit, indem er annimmt, daß das absorbirte Gas, indem es zwischen den Poren der Flüssigkeit sich hindurchdrängt, von der Oberfläche bis zum Grunde sich gleichförmig verbreitet, aber das Wasser ist nur wenig zusammendrückbar und der Druck der flüssigen Bestandtheile muß also von dem Wasser selbst getragen werden. Bei dieser Annahme muß nichtsdestoweniger die Spannkraft des absorbirten Gases von der Oberfläche des Wassers bis zum Boden zunehmen, weil das Gas durch das Gewicht der oberen Gasschichten gedrückt wird; aber in Betreff der Leichtigkeit der Luft im Verhältniß zu den hier vorkommenden Tiefen kann man bei der Berechnung diese Zunahme vernachlässigen. Im Allgemeinen kann man also annehmen, daß dem Rauminhalte nach das Wasser des Oceans $\frac{2,5}{100}$ [illegible] enthält, also ungefähr (da das specif. Gewicht der Luft gegen Wasser = 0,001) $\frac{2,5}{100} \cdot \frac{13}{10000}$ dem Gewicht nach $= \frac{33}{1000000}$ (oder 0,000033). Angenommen nun, die Wassermasse des Oceans sei ungefähr so groß wie 1000 Meter Wasser, welche über die ganze Erdkugel vertheilt wären, so betrüge das Gewicht der in dieser Masse enthaltenen Luft 33 Millionentheile von 1000 Met. Wasser oder so viel wie das einer Wasserschicht von 33 Millimetern. Die im Ocean absorbirte Luft beträgt also nicht über $\frac{33}{10300}$ oder $\frac{1}{300}$ der in der Atmosphäre enthaltenen Luft **).

Die Ursache, welche die Abplattung der Erde hervorbringt, nämlich die durch die Axenumdrehung bewirkte Schwungkraft, welche am größten in der Ebene des Aequators ist, muß auf die Atmosphäre um so stärker wirken, je leichter beweglich die Bestandtheilchen derselben im Vergleich mit den Bestandtheilen der festen und tropfbar-flüssigen Erdoberfläche sind. Bei der Atmosphäre ist aber noch ein anderer Umstand von großem Einflusse, durch welchen die Erhebung derselben in der Ebene des Aequators und die Abplattung nach den Polen zu noch vermehrt werden muß. Während nämlich die Sonnenstrahlen nur auf eine sehr dünne Schicht der festen und tropfbar-flüssigen Erdoberfläche erwärmend wirken, üben sie in dieser Beziehung einen sehr großen Einfluß auf die unteren Schichten der Atmosphäre aus. Die klimatische Verschiedenheit der Aequatorialgegenden von den weiter nach den Polen zu gelegenen Gegenden beruht größtentheils auf dieser Erwärmung der unteren Schichten der Atmosphäre durch die mehr oder weniger senkrecht in sie einfallenden Sonnenstrahlen. Die Luft muß folglich in den Aequatorialgegenden durch die Wärme bedeutend ausgedehnt werden, es entsteht hier ein von unten nach oben aufsteigender Luftstrom, durch welchen die Atmosphäre in der Ebene des Aequators bedeutend gehoben werden muß. Directe Beobachtungen über die Höhe der Atmosphäre an den verschiedenen Orten der Erde, also auch über

*) Ann. de Phys. et Chim. III. Sér. T. VII. p. 501.

**) Vergl. Becquerel physique terrestre p. 296.

Gestalt der äußeren Umgrenzung der Atmosphäre lassen sich nicht anstellen. Man könnte daran denken, daß die mittleren Barometerstände der verschiedenen Orte der festen Erdoberfläche in dieser Beziehung Aufschlüsse geben müßten. Aber man muß nicht vergessen, daß die Dünnheit der Atmosphäre zugleich mit ihrer Höhe in den Aequatorialgegenden vermehrt wird, auch vermehrt sich mit der Entfernung der Lufttheilchen von der Erde die Leichtigkeit derselben, d. h. ihre Schwere vermindert sich, und daher kann der Barometerstand zweier verschiedenen (gleich hoch über der Meeresfläche gelegenen) Orte ganz gleich, also die über diesen Orten lagernden Luftschichten gleich schwer sein, während die absolute Höhe der Atmosphäre über beiden Orten doch ganz verschieden sein kann. Nur durch theoretische Betrachtungen kann man zu einer wissenschaftlich gerechtfertigten bestimmteren Vorstellung von der Begrenzung der Atmosphäre gelangen. Laplace *) hat gezeigt, daß (wenn man nur die Schwungkraft berücksichtigt) das Axenverhältniß des Sphäroids einer mit ihrem festen Körper zugleich um dessen Axe rotirenden Atmosphäre nicht größer als 3 : 2 sein kann. Nach einer Berechnung von v. Zach **), welche auf verschiedenen nicht vollkommen gerechtfertigten Voraussetzungen beruht, würde die Excentricität der Atmosphäre $= \frac{1}{338}$ sein. Nach den oben angegebenen Berechnungen der Höhe der Atmosphäre von G. G. Schmidt ergiebt sich eine Abplattung $= \frac{1}{254}$, nach den gleichfalls angeführten Bestimmungen von J. C. Schmidt eine Abplattung $= \frac{1}{177}$.

Sowie die atmosphärische Luft ihre Dichte im geringsten verändert, oder sich an einem Orte mehr oder weniger anhäuft als zuvor, so ändert sich auch gleichzeitig der Druck, welchen dieselbe auf die von ihr umgebenen (in ihr untergetauchten) Körper ausübt. Zur Messung dieses Druckes bedient man sich verschiedener Instrumente, welche auf zwei unterschiedenen Principien beruhn. Entweder man stimmt denselben aus der Länge einer Flüssigkeitssäule, welche durch den Druck der Atmosphäre getragen wird, sobald der Gegendruck der Atmosphäre aufgehoben wird; oder man bestimmt ihn aus dem Volumen, welches eine in ein Gefäß eingeschlossene Gasmenge einnimmt, wenn dieses Gefäß entweder vollkommen elastisch ist oder die Abschließung des in demselben eingeschlossenen Gases durch eine ohne merklichen Widerstand verschiebbare Substanz bewerkstelligt wird. Auf dem ersten Princip beruht das Barometer (s. d. Art.), auf dem zweiten beruhen verschiedene ältere und neuere Instrumente, über welche die Artikel Baroskop, Differentialbarometer, Sympiezometer, Volumbarometer handeln***). Die Säule des Queckfilberbarometers verlängert sich in Folge der Niveauveränderung, welche das Queckfilber erfährt, sobald der Luftdruck zunimmt; sie verkürzt sich, sobald der Luftdruck abnimmt. Das Barometer ist richtig gebraucht das zuverlässigste Mittel, um alle Veränderungen im Drucke der Atmosphäre zu beobachten, und man würde aus seinen Anzeigen einen sicheren Schluß auch auf die

*) Mechanik des Himmels (Ueberf.) Bd. III. Cap. 7. S. 203.
**) Mon. Corr. Bd. XXI. S. 214.
***) Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 30.

Ursachen und Wirkungen dieser Druckveränderungen machen können, wenn dieselben nicht so mannigfaltig wären als es der Fall ist.

Die Länge der Barometersäule verändert sich erstens, wenn man den Beobachtungsort verändert. Steigt man (z. B. in einem Luftballon) mit einem Barometer in der Atmosphäre empor, so wird das Queckſilber im Inſtrumente unausgeſetzt ſinken, und könnte man bis an die Grenze der Atmosphäre gelangen, so würde hier der Barometerſtand = 0 sein, d. h. beide Niveaus des Inſtrumentes würden genau gleich hoch ſtehen. Aus dieſer Veränderung des Barometerſtandes kann man zuverläſſige Schlüſſe machen auf die Höhen oder Tiefen, zu denen man gelangt. Man rechnet die Höhen und Tiefen bekanntlich vom Meeresſpiegel aus, und der Barometerſtand am Spiegel des Meeres iſt daher auch derjenige, welcher den auf dieſe Meſſungen ſich beziehenden Barometerbeobachtungen zu Grunde gelegt wird. Ueber das hierbei zu beobachtende Verfahren wird im Artikel Höhenmeſſung ausführlich gehandelt.

Der Stand des Barometers ändert ſich aber auch zweitens an demſelben Beobachtungsorte. Im Allgemeinen entſpricht zwar einem jeden Orte ein gewiſſer Barometerſtand, welcher durch die Höhe, bis zu welcher ſich die Atmoſphäre über dieſen Ort erhebt, bedingt iſt, und dieſen Barometerſtand nennt man den mittleren des Ortes. Die Barometerſäule iſt aber in ſteter Beweglichkeit, erleidet fortwährende Schwankungen, bald erhebt ſie ſich über dieſen mittleren Stand, bald ſinkt ſie unter denſelben.

Um die mittleren Barometerſtände verſchiedener Orte mit einander vergleichen zu können, muß man ſie auf den Meeresſpiegel reduciren, d. h. man muß zu den aus directen Beobachtungen der Barometerſtände gefundenen mittleren Barometerſtande eines über dem Meeresſpiegel gelegenen Ortes diejenige Größe hinzuaddiren, um welche die Queckſilberſäule an dieſem Orte vermöge deſſen Erhebung über den Meeresſpiegel herabgedrückt iſt. Wenn die Grenze der Atmoſphäre in allen ihren Punkten von dem Meeresſpiegel (dem wirklichen oder dem fingirten unter den Erhebungen des Landes) gleichweit entfernt wäre, ſo müßten die mittleren Barometerſtände aller Orte gleich groß ſein. Da dieſes aber nicht der Fall iſt, ſo würde man aus den mittleren Barometerſtänden, wenn man eine hinreichende Anzahl genauer Beſtimmungen derſelben beſäße, einen Schluß auf die Beſchaffenheit (Krümmung) der Grenze der Atmoſphäre machen können, vorausgeſetzt, daß man die Geſtalt des feſten Erdkernes genau kennte. Zur richtigen Beurtheilung der Barometerſtände muß man aber noch berückſichtigen, daß der Druck der Atmoſphäre auch von den Miſchungsverhältniſſen derſelben, namentlich von dem Feuchtigkeitszuſtande derſelben abhängt, ebenſo wie die Geſtalt der Grenze der Atmoſphäre von den Temperaturverhältniſſen abhängig iſt. Nun gleichen ſich dieſe Veränderungen der Dichte der Atmoſphäre durch die Wirkung der Schwere und durch die leichte Beweglichkeit der Luft wie des Dampfes zum großen Theil wieder aus. Alle Theilchen der Atmoſphäre ordnen ſich mit Leichtigkeit den Geſetzen der Schwere gemäß um den feſten Erdkern, und da durch Verdunſtung und Wärme ihr Gleichgewicht jeden Augenblick geſtört wird, ſo iſt die Folge davon eine ununterbrochene Bewegung in der Atmoſphäre, die man als fortwährendes Ringen nach Wiederherſtellung des Gleichgewichts nach den Geſetzen der Schwere betrachten kann. Aber die Ausgleichung kann niemals ſo ſchnell erfolgen, daß nicht die Orte, von denen

die Bewegung fortwährend ausgeht, in ihrem mittleren Barometerstande von jenen die Dichte und Höhe der Atmosphäre bedingenden Ursachen alterirt sein sollten.

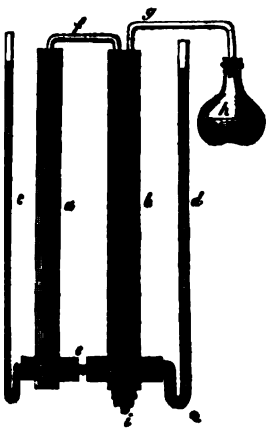
Wenn die Atmosphäre gar keinen Dampf enthielte, sondern nur aus permanenten Gasen bestände, also aus Luft, so würde der Einfluß einer localen Erwärmung derselben folgender sein. Stellen wir uns zuerst vor, die Temperatur wäre auf der ganzen Erdoberfläche eine und dieselbe und die Erde stände still. Es würde sich dann die Atmosphäre ganz allein unter dem Einflusse der Schwere rings um die feste Erdkugel ordnen, es würde vollkommene Ruhe in ihr herrschen und ihre Grenze würde überall gleich weit von der festen Erdoberfläche abstehen. Jetzt fange die Erde an, um ihre Axe sich zu drehen, alsbald würde die Atmosphäre sich um den Aequator herum erheben, in der Nähe der Pole sich abplatten. Dies würde bis zu einem gewissen Grade gehen, welcher von der Geschwindigkeit, mit welcher die Erde rotirte, abhinge, zuletzt würde die Erde mit ihrer Atmosphäre eine bestimmte sphäroidische Gestalt angenommen haben. Jetzt lasse man noch die Wirkung der Wärme hinzutreten, wie sie von einem Centralkörper, der Sonne, ausgeht, um welchen die Erde sich herumbewegt. Die Strahlen der Sonne erwärmen die Erde nicht von der Grenze der Atmosphäre aus nach innen, nach der festen Erdoberfläche zu, sondern umgekehrt, die Wärmeentwicklung geht unter dem Einflusse der Sonne von der festen Erdoberfläche aus und setzt sich bis zu einer gewissen Höhe von da nach der Grenze der Atmosphäre hin fort. Es beginnt folglich die Luft am Boden der Atmosphäre sich auszudehnen und strebt in die Höhe. Die Erwärmung der Erde durch die Sonnenstrahlen ist aber auch ungleich nach der Richtung der Sonnenstrahlen gegen die Erdoberfläche. Demgemäß erhitzt sich die Erde in ihrem weitesten Gürtel, dem Aequator, am stärksten und immer weniger nach den Polen zu. In diesem Gürtel müssen also die unteren Luftschichten sich am stärksten ausdehnen, nach oben steigen und oberwärts nach den Polen hin (zur Herstellung des Gleichgewichtes) abfließen, während unterhalb von den Seiten, von den Polen her die kälteren Lüfte nach dem Aequator hinströmen, sich hier wieder erwärmen, emporsteigen und nach den Polen hin zurückfließen. Es ist also ein ununterbrochener Kreislauf der Luft, eine fortwährende regelmäßige Bewegung der Luft im Innern der Atmosphäre die nothwendige Folge der Erwärmung eines rotirenden Körpers durch einen Centralkörper. Die Bewegung der Luft geschieht auf ganz analoge Art in jedem erwärmten Zimmer. Die erhitzte Luft steigt empor, eben in der Nähe der Decke strömt sie zu allen vorhandenen Ritzen und Oeffnungen hinaus, während unten in der Nähe des Fußbodens zu allen Ritzen und Oeffnungen die kalte Luft von außen hereinströmt. Geschähe die Erwärmung des rotirenden Körpers auf eine fortwährend durchaus gleichmäßige Weise, so müßte die Luftströmung in der Atmosphäre oberhalb nach den Polen hin, unterhalb von den Polen her (zum Aequator) in durchaus regelmäßiger Art sich fortsetzen, und demgemäß würde über jedem Orte der Erde der Luftdruck zwar ein anderer, aber doch fortwährend gleichbleibender sein. Nun aber geschieht diese Erwärmung nicht gleichförmig. Zunächst schon durch die Axendrehung wendet die Erde im Laufe eines jeden einzelnen Tages ihre verschiedenen Seiten der Sonne zu, und während die eine Hälfte der Erde (die, welche Tag hat) eben erwärmt wird, kühlt sich die andere (welche Nacht hat) ab. Dieser Wechsel muß sich in einer täglichen Periodicität der Strömungen und mithin auch des Luftdruckes über den einzelnen Orten an der Erdoberfläche

äußern; d. h. der Stand des Barometers muß sich im Laufe jedes Tages heben und senken nach einem bestimmten Gesetze. Noch mehr wird die Gleichförmigkeit der Erwärmung gestört durch die elliptische Form der Bahn, in welcher die Erde im Laufe eines Jahres um die Sonne sich herumbewegt, durch die Stellung der Sonne im Brennpunkte dieser Ellipse und durch die schiefe Stellung der Erdaxe auf dieser Bahn. Wie sich demgemäß die Erwärmungsverhältnisse jedes Ortes der Erde nach einer Jahresperiode verändern, so müssen auch die Bewegungen der Atmosphäre ungleichförmig sein in einer Weise, die ebenfalls einen periodischen (Jahres-) Wechsel erkennen läßt, d. h. der Druck der Luft muß in den verschiedenen Jahreszeiten an den verschiedenen Orten der Erde variiren, doch so, daß diese Variation nach einem bestimmten Gesetze erfolgt, welches die Beobachtungen des Barometerstandes erkennen lassen müssen.

Diese periodischen Wechsel des Barometerstandes im Laufe des Tages und im Laufe des Jahres sind denn auch durch die Beobachtung nachgewiesen worden. Die Mannigfaltigkeit in den Erscheinungen des Luftdruckes wird aber noch viel größer und verwickelter durch den Umstand, daß die locale Beschaffenheit der Erdoberfläche selbst von dem größten Einfluß auf die Wärmeentwicklung ist. Es kann also durch ein Zusammentreffen von Umständen, welches uns in den meisten Fällen als zufällig erscheinen muß, weil die Mannigfaltigkeit solcher Umstände und ihrer Combinationen zu groß für uns ist, über einem einzelnen bald größeren bald kleineren Orte der Erdoberfläche eine vorübergehende starke Erwärmung der Luft von unten nach oben stattfinden. Dann wird an diesem Orte ein aufsteigender Luftstrom sich bilden, und die Luft selbst wird in diesem Strome dünner, dabei aber mit größerer Spannkraft begabt sein als die umgebende Luft. Indem sich diese warme und dünne Luft von da aus, wo sie an kältere Luft seitwärts angrenzt, abkühlt, muß diese den Gesetzen der Schwere gemäß in sie herein sich ergießen, und so erfolgt die Abkühlung der local erwärmten Luft in der Gestalt eines Windes, dessen Richtung durch die größte Temperaturdifferenz zwischen den an einander grenzenden Luftschichten bestimmt werden wird. Indem die Luft über dem local erwärmten Orte dünner wird, muß der Luftdruck hier abnehmen und das Barometer also fallen. Hieraus folgt, daß im Allgemeinen Temperaturerhöhung, also Steigen des Thermometers, gleichzeitig mit Verdünnung der Atmosphäre, also mit Fallen des Barometers eintreten wird. Man kann dies so aussprechen. Wenn in einer Luftatmosphäre das Thermometer steigt, so fällt das Barometer und umgekehrt. Dieses Gesetz kann nur scheinbar eine Ausnahme dann erfahren, wenn bei sinkender Temperatur an einem bestimmten Orte gleichzeitig in den Umgebungen die Luft noch stärker abgekühlt wird; dann ist nämlich trotz dem Sinken des Thermometers die Luft über dem betreffenden Ort dennoch wärmer und mithin dünner als die Luft, welche an jene seitlich angrenzt, und es kann also ein Fallen des Barometers eintreten.

In Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik (Bd. II. S. 536) wird ein Apparat angegeben, durch welchen man die erwähnten theoretischen Betrachtungen experimental bestätigen kann.

a und b sind Blechröhren von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß Höhe, welche unten bei e durch ein Stück Thermometerrohr verbunden sind. Mit der Blechröhre a



iſt die Glasröhre c, mit der Röhre b die Glasröhre d in Verbindung. Wenn man in eine der Röhren b oder a Waſſer gießt, ſo wird daſſelbe nur langſam durch die enge Röhre bei e in die andere Röhre fließen können. Wenn man beide Röhren a und b faſt bis oben füllt und ſie dann oben durch ein hinlänglich weites Heberrohr f in Verbindung ſetzt, ſo muß ſich das Waſſer in allen vier Röhren c, a, b und d gleich hoch ſtellen. Nun aber geht durch das Blechrohr b von oben bis unten ein unten offenes Glasrohr gi hindurch, durch welches die in dem Kolben h mittelſt einer Weingeiſtlampe entwickelten Waſſerdämpfe hindurchgeleitet werden. In unſerer Figur iſt der Kolben h neben die Röhre d gezeichnet worden, es iſt aber beſſer, wenn er, was ſich in der Figur nicht ſo gut ätte darſtellen laſſen, hinter d ſich befindet. Da das Rohr gi mit kaltem Waſſer ngeben iſt, ſo werden die durchſtreichenden Dämpfe verdichtet und das Waſſer in wird erwärmt. Wenn nun zwiſchen a und b gar keine Verbindung wäre, ſo irde die Waſſerſäule in b ſteigen, ohne daß das Waſſer in d ſteigt, weil b wärmt wird, d aber kalt bleibt; weil aber die Röhren b und a *oben* durch die eberröhre f verbunden ſind, ſo kann das Waſſer in b nicht höher ſtehen als in a, n Theil des in b erwärmten Waſſers fließt nach a über, und in Folge deſſen ſinkt s Waſſer in d, in c aber ſteigt es, weil zu dem ſchon in a vorhandenen Waſſer ch neues durch den Heber f hinzukommt.

Wäre e eine hinlänglich weite Röhre, ſo würde das Waſſer in allen vier öhren ſtets gleich hoch bleiben, weil in dem Maße, als warmes Waſſer durch f ch a fließt, unten umgekehrt kaltes Waſſer durch e nach b fließen, weil ſich alſo s geſtörte Gleichgewicht in jedem Augenblicke wieder herſtellen würde; dies iſt er nicht möglich, weil die Röhre e zu eng iſt. Ebenſo wird in erkalteten Gegen- n der Luftdruck zu-, in erwärmten abnehmen, weil die Luft in den unteren Re- onen nicht ſchnell genug der erwärmten Gegend zuſtrömen kann, um das geſtörte leichgewicht *ſogleich* wieder herzuſtellen.

Wir gingen bei der ganzen theoretiſchen Betrachtung bisher von der Annahme us, daß die Atmoſphäre nur aus Luft beſtehe. Unter dem Einfluſſe der Wärme gürtet ſich aber die Erde auch noch mit einer Dampfatmoſphäre, welche durch die uftatmoſphäre hindurch ſich ausbreitet. Nehmen wir einen Augenblick an, die uftatmoſphäre ſei gar nicht vorhanden, ſo werden wir das Verhalten der Dampf- tmoſphäre deſto beſſer zu überſehen vermögen. Die an der Erdoberfläche verbrei- ten Flüſſigkeiten verwandeln ſich unter dem Einfluſſe der Wärme zum Theil in Dampf. Je wärmer es iſt, deſto mehr erhebt ſich Dampf über die feſte Erdober- läche. Wäre erſt weder eine Luftatmoſphäre noch auch eine Dampfatmoſphäre rhanden, ſo müßte der Druck über den einzelnen Orten der Erdoberfläche = 0 in; ſowie ſich Dampf mehr und mehr entwickelt, müßte dieſer Druck ſich mehr nd mehr einſtellen, ein Barometer würde dieſen Druck anzeigen. Je wärmer es ürde, deſto mehr Dampf müßte ſich bilden, deſto höher müßte das Barometer eigen; kühlt ſich dann die Erde wieder ab, ſo würde der Dampf ſich wieder zum

Theil in Flüssigkeit verwandeln, der Druck würde abnehmen, das Barometer sin-
ken. In Bezug auf die Bewegungen also würde sich die Dampfatmosphäre insofern
anders als die Luftatmosphäre verhalten, als nicht bloß Ausdehnung und Zusam-
menziehung der Dampfatmosphäre in der Luftatmosphäre innerhalb gewisser Tem-
peraturgrenzen erfolgte, sondern auch Umwandlung derselben aus Flüssigkeit in
Dampf und wieder aus Dampf in Flüssigkeit; und für eine Dampfatmosphäre
würde im Allgemeinen das Gesetz gelten, daß Steigen und Fallen des
Thermometers auch mit Steigen und Fallen des Barometers
verbunden sein würde. Es verhalten sich also in dieser Beziehung eine
Luftatmosphäre und eine Dampfatmosphäre gerade entgegengesetzt. Daß aber in
einer Dampfatmosphäre auch eine Periodicität des Druckes, sowohl nach Tagen wie
nach Jahren, und besonders auch ein Einfluß localer Verhältnisse, in Folge der
ungleichen Wärmeentwicklung und der localen Beschaffenheit der Erdoberfläche, ein-
treten müsse, ist offenbar. Auch dies leuchtet ein, daß in Folge der eigenthüm-
lichen Natur des Dampfes die Ungleichförmigkeiten in der Vertheilung einer
Dampfatmosphäre um einen sphäroidischen Körper, an dessen Oberfläche ungeheure
Wassermassen und große Landstrecken abwechseln, viel größer sein müssen als die
Ungleichförmigkeiten einer Gasatmosphäre um einen solchen Körper. Wir werden
auf die Eigenthümlichkeiten der Dampfatmosphäre noch ausführlicher zu sprechen
kommen.

Die Wahrheit ist nun, daß die Erde zugleich eine Luft- (Gas-) Atmosphäre
und eine Dampfatmosphäre besitzt, daß beide zusammenwirken, um einen gemein-
samen Druck auf die feste und flüssige Erdoberfläche auszuüben, und daß der Baro-
meterstand dem Gesammtdrucke beider Atmosphären entspricht. Die Erscheinung
der Barometerschwankungen muß nun dadurch außerordentlich complicirt, eine
genügende Erklärung schwierig werden, daß, wie wir gesehen haben, die auf beide
Atmosphären wirkende Wärme zum Theil gerade die entgegengesetzten Wirkungen
in beiden Atmosphären hervorbringt. Steigt die Temperatur, so wird im Allge-
meinen der Druck der Dampfatmosphäre größer und gleichzeitig der Druck der Luft-
atmosphäre schwächer; fällt sie, so wird der Druck der Dampfatmosphäre schwächer,
der der Luftatmosphäre stärker. Je nach der geographischen Lage eines Ortes und
nach seiner localen Beschaffenheit, namentlich in Hinsicht auf die Gegenwart oder
den Mangel großer Wasseransammlungen, kann also bald die Luftatmosphäre über
die Dampfatmosphäre, bald diese über jene den Sieg in der Wirkung auf das Ba-
rometer davon tragen, bald auch können die einander widersprechenden Wirkungen
beider Atmosphären sich so compensiren, daß keine merkliche Veränderung des
Barometerstandes erfolgt, während doch die Druckverhältnisse der beiden Atmo-
sphären sich gänzlich verändert haben.

Indem ich nun im Folgenden zur Darlegung der Beobachtungen übergehe,
durch welche das Gesagte seine vollständige Bestätigung und nähere Bestimmung
erhält, mache ich darauf aufmerksam, daß man früher auf das verschiedene Ver-
halten der Dampfatmosphäre von der Luftatmosphäre nicht geachtet hatte, daß
überhaupt noch an einem Instrumente fehlt, welches das Verhalten der Dampf-
atmosphäre mit derselben Leichtigkeit beobachten läßt, wie das Barometer den Luft-
druck im Allgemeinen, und daß man aus diesen Gründen überhaupt zu einem
bestimmten durchgreifenden Ueberblick über die Vertheilung der Druckverhältnisse
der Atmosphäre und deren periodische Wechsel noch nicht hat gelangen können.

Bei den Veränderungen des Queckſilberſtandes im Barometer bemerkt man eine gewiſſe Regelmäßigkeit des Steigens und Fallens, zunächſt ſo, daß das Barometer zu gewiſſen Stunden des Tages einen höchſten, in andern einen niedrigſten Stand hat. Wird der Stand eines Barometers längere Zeit von Stunde zu Stunde beobachtet und ſodann das Mittel aller zu derſelben Stunde gefundenen Höhen genommen, ſo zeigt ſich im Laufe des Tages eine regelmäßige Bewegung des Queckſilbers; dieſes ſind die täglichen periodiſchen Schwankungen des Barometers. Um 4 h.*) hat das Barometer ſeinen niedrigſten Stand, ſteigt von nun bis 10 h., wo es ſeinen höchſten Stand erreicht hat, ſinkt von da bis zum folgenden Morgen um 16 h., wo es wiederum einen niedrigſten Stand erreicht; von da ſteigt es wieder bis gegen 22 h. und ſinkt endlich wiederum bis gegen 4 h.; ſo daß alſo zweimal um 10 h. und 22 h. ein höchſter, und zweimal um 4 h. und um 16 h. ein niedrigſter Stand des Barometers eintritt. Die Stunden, in denen ein Uebergang vom Fallen zum Steigen oder vom Steigen zum Fallen eintritt, heißen (nach Humboldt) **) Wendeſtunden.

Von dieſer Erſcheinung ſoll nach Brewſter ***) zuerſt im Jahr 1666 Beale geſprochen haben. Derſelbe bemerkte, daß ſowohl im Sommer als im Winter das Barometer am Abend und Morgen höher, als am Mittage ſtehe. Beſtimmte Nachrichten von dieſen Schwankungen gab zuerſt im Jahr 1722 ein unbekannter holländiſcher Beobachter aus Surinam mit ziemlich genauer Beſtimmung der vier Wendeſtunden ****). Als im Jahr 1735 Bouguer, la Condamine und Godin nach America gingen, wußten ſie wahrſcheinlich von dieſen Schwankungen nichts, und gaben daher Godin für den Entdecker derſelben aus †), welches ſeitdem auch ziemlich allgemein angenommen worden iſt. Seitdem iſt die Erſcheinung vielfach beobachtet worden. Chiminello ††) bewies zuerſt, daß die periodiſchen Schwankungen des Barometers auch in Europa ſtattfänden. Nach den Beobachtungen, welche er in den Jahren 1778, 1779 und 1780 zu Padua gemacht hatte, beſtimmte er die Wendeſtunden faſt ebenſo, wie man ſie nachher den Wendekreiſen gefunden hatte. Auch geht aus ſeinen Beobachtungen ſchon hervor, daß die Zeit des Eintrittes der Wendeſtunden von den Jahreszeiten abhängig ſei, wovon ſpäter mehr die Rede ſein wird. Beſonders genaue Beobachtungen zu Auffindung der Wendeſtunden hat Humboldt †††) in Cumana angeſtellt. Er beſtimmte dieſelben auf 4 h., 11 h., 16 h. und 21 h. Durch Humboldt angeregt haben ſich ſehr viele Phyſiker mit Beobachtung der Wendeſtunden beſchäftigt.

*) Die Stunden von Mittag zu Mittag = 0 h. an gerechnet.

**) Humboldt, Voyage T. X. p. 387.

***) Edinb. Journ. of sc. II. p. 335. T. IV. p. 390. Phil. Trans. N. 9. p. 153.

****) Humboldt a. a. O. p. 369. Journal lit. de la Haye 1722. p. 234.

†) Bouguer, Figure de la terre. p. 39 und Condamine, Voy. à l'equateur. p. 80. u. Voy. à la riv. des amazones p. 23.

††) Ephem. Soc. Met. Pal. 1784. p. 230. Schweigger Jahrb. N. R. Bd. XVII. 134.

†††) Tableau physique p. 90. Humboldt, Voyage T. 330 ff. Schweigger, Jahrb. N. Bd. XVI. S. 438.

Kämtz *) hat diese Beobachtungen geprüft und mit seinen eigenen vieljährigen Beobachtungen in Halle verglichen. Wenn man das Phänomen in verschiedenen Gegenden der Erde betrachtet, so zeigt sich eine große Abhängigkeit desselben von der geographischen Lage. Während am Aequator der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum sehr auffallend hervortritt, und Beobachtungen eines einzigen Tages genügen, die Existenz dieser Schwankung deutlich zu erkennen, ist in der Mitte von Deutschland ein längerer Zeitraum dazu erforderlich. Nicht bloß sind diese täglichen Veränderungen weit geringer, sondern sie werden so sehr von den unregelmäßigen Schwankungen verdeckt, daß sie an einzelnen Tagen nur selten auffallen. Wenn man jedoch die Beobachtungen während eines Monates anstellt, so zeigt das Mittel der Messungen diese Oscillation ziemlich deutlich. Kämtz **) theilt folgende Tabelle der wichtigsten (zum Theil durch Interpolation für die Nachtstunden) Beobachtungen über den Gang des Barometers während eines Tages unter verschiedenen Breiten mit

*) Kämtz, Vorlesungen über Meteor. S. 286.
**) A. a. O. Ausführlicher in seiner Meteorologie. Bd. II. S. 254 ff.

	Grosser Ocean	Cumana	La Guayra	Calcutta	Padua	Halle	Abo	Petersburg
Breite	0	10° 28′ N.	10° 36′ N.	22° 35′ N.	45° 24′ N.	51° 29′ N.	60° 57′ N.	59° 56′ N.
Beobachter	Horner *)	Humboldt **)	Bouſſing. ***)	Balfour †)	Chiminello ††)	Kämtz	Hällſtröm†††)	Kupffer
Mittag	333‴,514	335‴,384	336‴,644	336‴,731	335‴,583	333‴,927	336‴,598	336‴,671
1 h.	3,296	5,123	6,420	6,559	5,511	3,854	6,587	
2	3,154	4,898	6,199	6,191	5,430	3,798	6,580	6,632
3	2,985	4,753	6,071	6,068	5,372	3,755	6,572	
4	2,924	4,674	6,041	5,978	5,341	3,732	6,572	6,603
5	3,053	4,753	6,060	5,989	5,335	3,737	6,578	
6	3,225	4,876	6,194	6,022	5,356	3,761	6,590	6,598
7	3,320	5,052	6,417	6,026	5,414	3,815	6,612	
8	3,510	5,225	6,543	6,289	5,485	3,866	6,634	6,603
9	3,686	5,395	6,765	6,563	5,542	3,910	6,654	
10	3,733	5,519	6,874	6,608	5,583	3,937	6,670	6,621
11	3,733	5,645	6,899	6,506	5,585	3,931	6,669	
12	3,560	5,514	6,746	6,371	5,578	3,904	6,643	6,617
13	3,443	5,365	6,616	6,293	5,531	3,865	6,607	
14	3,256	5,224	6,484	6,270	5,503	3,825	6,567	6,603
15	3,189	5,083	6,377	6,236	5,478	3,799	6,523	
16	3,054	4,985	6,318	6,225	5,460	3,795	6,492	6,664
17	3,199	5,041	6,394	6,214	5,463	3,817	6,476	
18	3,338	5,213	6,603	6,327	5,483	3,859	6,478	6,636
19	3,564	5,390	6,879	6,529	5,523	3,942	6,495	
20	3,775	5,563	7,122	6,855	5,580	3,965	6,526	6,777
21	3,870	5,716	7,185	6,956	5,615	3,999	6,554	
22	3,864	5,718	7,121	6,990	5,638	4,010	6,587	6,668
23	3,712	5,577	6,896	6,945	5,607	3,982	6,605	

*) Horner und Langsdorff, Kruſenſterns Reiſe Bd. S. 134 vom 1. Mai bis 3. Juni, zw. 9° 8′ S. u. 10° 0′ N. ſtündlich beobachtet.
**) Humboldt, Voyage T. X. p. 334.
***) Bouſſingault und Rivero bei Humboldt, Voyage. T. X. p. 339.
†) Balfour, Farquhar und Pearce in Asiat. res. T. IV. p. 190.
††) Chiminello in Ephem. Soc. Met. Palat. 1784. p. 230.
†††) Hällſtröm in Pogg. Ann. Bd. VIII. S. 443.

Die hier zusammengestellten Orte gehören den verschiedensten geographischen Breiten an. Man sieht bei genauerer Prüfung der Angaben, daß der Luftdruck an allen diesen Orten in analoger Weise während eines Tages sich ändert. Er nimmt von Mittag an ab, ist am geringsten zwischen 3 und 5 Uhr Abends, nimmt dann wieder zu bis zwischen 9 und 11 Uhr Abends, sinkt hierauf wieder bis gegen 4 Uhr Morgens und steigt endlich abermals bis gegen 10 Uhr Morgens. Es giebt also überall im Laufe jedes Tages vier Wendestunden, zwei Maxima (höchste Barometerstunden) und zwei Minima (niedrigste Barometerstunden). In nachfolgender Tabelle hat Kämtz *) diese vier Wendestunden nach Stunden von Mittag zu Mittag und Decimaltheilen der Stunden für eine Reihe von Orten zusammengestellt.

Ort	Breite	Min.	Max.	Min.	Max.	Beobachter
Großer Ocean .	0	3^h,91	10^h,02	15^h,66	21^h,55	Horner
Popayan . . .	2. 26 N.	3,98	10,13	15,84	21,71	Caldas
Ibague . . .	4. 28 N.	3,87	9,97	15,68	21,54	v. Humboldt
Sta Fé de Bogota	4. 36 N.	4,01	10,05	15,73	21,52	Bousfingault
Payta . . .	5. 6 S.	3,82	11,04	15,70	20,60	Freycinet
Sierra Leone .	8. 30 N.	4,12	10,38	16,06	21,81	Sabine
Cumana . . .	10. 28 N.	4,26	10,58	15,97	21,68	v. Humboldt
Carracas . .	10. 31 N.	4,07	10,37	15,77	21,59	v. Humboldt
la Guayra . .	10. 36 N.	4,00	10,23	15,41	21,24	Bousfingault
Callao . . .	12. 3 S.	3,70	9,77	15,42	21,40	v. Humboldt
Lima	12. 3 S.	3,37	9,81	15,33	20,93	v. Humboldt
Madras . . .	13. 4 N.	5,38	10,07	16,10	22,12	Goldingham
Chittledroog .	14. 11 N.	4,00	10,28	16,47	22,13	Kater
Großer Ocean .	16° S.	4,15	10,31	15,97	21,70	Horner
Taïti	17. 29 S.	3,72	9,43	14,97	21,18	Simonoff
Großer Ocean .	18. N.	3,97	10,31	15,64	21,37	Horner
Mexico . . .	19. 26 N.	3,62	11,15	15,40	20,17	v. Humboldt
Calcutta . . .	22. 35 N.	4,67	10,45	15,42	21,84	Balfour
Rio Janeiro .	22. 54 S.	3,92	9,88	15,75	21,76	Dorta
Cairo . . .	30. 2 N.	4,00	10,75	15,92	21,19	Coutelle
Padua . . .	45. 24 N.	4,39	10,59	16,16	21,96	Chiminello
München . .	48. 8 N.	4,04	10,03	16,07	22,13	v. Yelin
Halle . . .	51. 29 N.	4,20	10,18	15,37	21,50	Kämtz
Åbo	60. 27 N.	4,05	10,15	17,38	23,87	Hällström

Hieraus geht hervor, daß die Wendestunden nicht von den Breiten abhängig sind, da die Wendestunden in Halle fast zu derselben Zeit eintreten, als nach den Messungen von Horner und Langsdorf in der Nähe des Aequators. Nur Payta, Mexico und Åbo zeigen bedeutende Abweichungen. Wenn man diese vernachlässigt, so ergeben sich als Mittel der Beobachtung

*) Lehrbuch der Meteorologie. Bd. II. S. 263.

Ein Minimum um 4 h,09 = 4h. 5′
" Maximum " 10,18 = 10. 11
" Minimum " 15,75 = 15. 45
" Maximum " 21,62 = 21. 37

Wenn man daher durch wenige Messungen die periodischen Schwankungen des Barometers kennen lernen will, so würde es am passendsten sein, um 4 h., 10 h., 16 h. und 22 h. (4 Uhr und 10 Uhr Morgens und Abends) zu beobachten.

Es ist schon bemerkt worden, wie aus Chiminello's Beobachtungen hervorgeht, daß eine Verrückung der Wendestunden nach den verschiedenen Jahreszeiten stattfinde. Zuerst machte Ramond *) darauf aufmerksam, daß das Maximum am Morgen und das Minimum am Abende im Winter näher am Mittage lägen, als im Sommer. Aus den Beobachtungen von Chiminello ergiebt sich (nach Kämtz a. a. O.) folgende Abweichung der Wendestunden:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Minimum	3h 5′	5h 7′	5h 18′	5h 4′
Maximum	9. 58.	11. 21.	11. 56.	11. 22.
Minimum	16. 50.	16. 6.	16. 8.	16. 14.
Maximum	22. 5.	21. 58.	21. 58.	22. 7.

Auf den Grund mehr als zehnjähriger Beobachtungen in Halle ($51^1/_2$ Gr. n. Br.) bestimmt Kämtz **) die Wendestunden für die einzelnen Monate des Jahres (nach Stunden und deren Decimaltheilen) wie folgt:

Monat	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	2h,81	9h,17	16h,91	21h,91
Februar	3,43	9,46	15,86	21,66
März	3,82	9,80	15,87	22,10
April	4,46	10,27	15,53	21,53
Mai	5,43	10,93	15,03	21,13
Junius	5,20	10,93	14,83	20,73
Julius	5,21	11,04	15,04	20,48
August	4,86	10,66	15,06	20,96
September . . .	4,55	10,45	15,45	21,71
October	4,17	10,24	15,97	22,07
November . . .	3,52	9,85	16,68	22,08
December	3,16	9,11	16,91	22,18

Man sieht: während im Winter das erste Minimum um 3 Uhr eintritt, wird dasselbe im Sommer erst nach 5 Uhr erreicht; während das erste Maximum im Winter zwischen 9 und 10 Uhr eintritt, findet es im Sommer gegen 11 Uhr statt; während das zweite Minimum im Winter gegen 17 Uhr fällt, findet man es im Sommer gegen 15 Uhr; während endlich das zweite Maximum im Winter der Stunde 22 entspricht, stellt es sich im Sommer vor 21 Uhr ein. Abends und

*) Mém. de l'Inst. pour 1808. p. 103.
**) Vorlesungen über Meteor. S. 289.

Morgens also fallen die Wendestunden im Winter um ein bis zwei Stunden näher an Mittag als im Sommer.

Die Größe der täglichen Schwankung des Barometerstandes wird man im Allgemeinen finden, wenn man den niedrigsten Barometerstand eines Tages von dem höchsten desselben Tages abzieht. Will man aber zu allgemeinen Bestimmungen kommen, welche einen Vergleich dieser Schwankungen in verschiedenen Orten erlauben, so muß man dabei möglichst von den unregelmäßigen Schwankungen absehen. Aus den Bestimmungen für den Stand des Barometers in dem Maximum und Minimum lassen sich solche Bestimmungen der Größe der täglichen Schwankung ableiten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die beiden Extreme des Morgens weiter von einander abstehen, als die des Abends. Bouvard bestimmt diese Differenz für Paris aus den Beobachtungen von 1806 bis 1826 im Mittel wie folgt: der Unterschied des Maximums und Minimums des Barometers beträgt am Morgen 0,756, am Abend 0,373 Mill., wenn die mittlere Barometerhöhe zu 756 Mill. angenommen wird. Nach Humboldt soll man den Barometerstand des Minimums am Abend von dem des Maximums am Morgen abziehen, auf die beiden nicht erwähnten Wendestunden also gar keine Rücksicht nehmen.

Folgende von Forbes *) entworfene, von Poggendorff **) vervollständigte Tafel enthält die Resultate der Beobachtungen, die aber um so weniger den Gegenstand zu erledigen geeignet sind als dieselben wie man sieht zum Theil nur nach sehr kurzen Beobachtungsfristen und ohne Rücksicht auf die Jahreszeiten gemacht sind.

Orte	Geographische Breite	Höhe über dem Meere Meter	Unterschied zwischen 1. Maxim. u. 1. Minim. Millimeter	Dauer der Beobachtungszeit T...Tag M...Monat J...Jahr	Beobachter
Offak . . .	0° 2′	10	2,93	3 T.	Duperrey
Rawak . .	0 2	10	2,61	4 T.	Freycinet
Quito . .	0 14	2907	2,25		La Condamine
Antisana . .	0 33	4093	0,97	1 T.	Humboldt
Popayan . .	2 26	1776	2,07	4 T.	Caldas
St. Louis Marahon . .	2 30	10	3,79	1 J.	Purera
Ibagué . .	4 28	1370	2,59	3 T.	Humboldt
St. Fé de Bogota	4 36	2660	2,10	19 M.	Caldas
" "	"		2,30	. . . . .	Bouffingault
Payta . . .	5 6	10	2,66	5 T.	Duperrey
Ascenfion . .	7 55	10	2,43	3 T.	dito
Coupang . .	10 9	10	2,96	9 T.	Freycinet
Cumana . .	10 28	10	2,55	12 T.	Humboldt
Caracas . .	10 31	936	2,70	11 T.	dito
Guayra .	10 36	10	2,75	11 T.	dito
Lima . . .	12 3	166	2,77	4 T.	dito
Callao . .	12 3	10	2,22	3 T.	dito
O-Taïti . .	17 29	10	2,15	7 T.	Simonoff

*) Edinb. Journ. of Science N. S. T. VI. p. 272.
**) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 547.

Orte	Geographische Breite	Höhe über dem Meere Meter	Unterschied zwischen 1. Maxim. u. 1. Minim. Millimeter	Dauer der Beobachtungszeit T...Tag M...Monat J...Jahr	Beobachter
Mexico . .	19° 26′	2231	1,80	3 T.	Humboldt
Isle de France.	20 10	10	1,72	20 T.	Freycinet
" "			1,92	4 T.	Duperrey
Rio Janeiro .	22 54	10	2,58	2 T.	Freycinet
" "			2,33	1 J.	Dorta
Berhampoor .	24 4		2,23	3 J.	Russell
Benares . .	25 30		2,69	3 J.	Prinsep.
Cairo . . .	30 3		1,89	25 T.	Coutelle
Port Jackson.	33 51	10	1,71	19 T.	Freycinet
Marseille . .	43 17	46	0,83	5 J.	Gambart
Toulouse . .	43 36	156	1,00	4 J.	Marqué Viktor
Nismes . .	43 50	65	0,98	1 J.	Valz
Alais . . .	44 7	132	0,99	3 J.	D'Hombre Firmas
Orange . .	44 8		0,85	5 J.	Gasparin
Chambery .	45 34	267	1,00	18 M.	Billiet
St. Bernhard	45 42	2491	0,046	5 J.	
Clermont-Ferrand . .	45 46	410	0,94	7 J.	Ramond
Genf . .	46 12	407	0,74	3 J.	
Meers . .	46 34	1657	0,45		
Bern . . .	46 57	532	0,90	10 J.	Fueter
Zürich. . .	47 22	405	0,88	1 J.	Horner
St. Gallen .	47 26	635	0,56	1 J.	
Strasburg .	48 35	150	0,88	12 J.	Herrenschneider
Metz . . .	48 50	65	0,76	12 J.	Bouvard
Bayne . .	49 49	154	0,49	8 J.	Nell de Bréauté
Luxemburg . .	50 51	52	0,57	9 J.	Crahay
Aachen . .	51 29	30	0,57	1 J.	
Fort Famin .	53 38		0,21	6 M.	King
Königsberg .	54 42	30	0,20	8 J.	Sommer
Memrade . .	55 3	11	0,26	2 J.	Steuber
Edinburg. .	55 50	125	0,28	3 J.	Forbes
Christiania .	59 54		0,55	3 J.	Hansteen

Einige Meteorologen haben zwar alle vier Wendestunden berücksichtigt, aber nur um den niedrigsten von dem höchsten Barometerstande, welche diesen Stunden entsprechen, abzuziehen. Ohne Zweifel ist das beste Verfahren das von Kämtz *) vorgeschlagene und beobachtete. Man nimmt das Mittel der beiden Maxima und ebenso das der beiden Minima und zieht dieses von jenem ab. Die so gefundene Größe nannte Kämtz die mittlere tägliche Oscillation. Kämtz bemerkt, daß allerdings hierbei der Uebelstand eintrete, daß nur sehr wenige Beobachter den Barometerstand zur Zeit des Minimums am Morgen durch directe Messungen bestimmt hätten, daß aber, wenn es sich um die mittleren Verhältnisse eines längeren Zeitraumes handle, diese Aenderungen im Verlaufe des Tages einen so regelmäßigen Gang zeigen, daß man im Stande sei, diese fehlende

*) Lehrb. der Meteor. Bd. II. S. 275. Vergl. Vorlesungen über Meteor. S. 290.

Größe mit großer Annäherung an die Wahrheit aus drei oder mehreren Beobachtungen herzuleiten, welche man im Laufe des Tages gemacht habe. Kämtz*) giebt hierzu folgende Anweisung: „Rechnen wir die Stunden vom Mittage (0 Uhr) bis 23, und sind B_0, B_1, B_2, B_3, ... B_n die um 0, 1, 2, 3 ... n Uhr beobachteten Barometerstände, so hängen diese durch die Gleichung

$$B_n = B + a_1 \sin(n.15^0 + b_1) + a_2 \sin(n.30^0 + b_2) \ldots (A)$$

zusammen, wo wir nach der Reihe die durch die Beobachtungen gegebenen Werthe von B_n und die zugehörigen Werthe von n setzen müssen. Haben wir etwa 5 Beobachtungen, so erhalten wir ebenso viele Gleichungen, aus denen wir die Werthe der unbekannten Größen B, a_1, a_2, b_1 und b_2 herleiten können, und nach Bestimmung dieser Größen können wir die Extreme aufsuchen. Ist die Zahl der Beobachtungen größer als 5, so werden natürlich die für die unbekannten Größen gefundenen Werthe eine noch größere Sicherheit erlangen. Ist dagegen diese Zahl kleiner als 5, dann ist die Zahl der Gleichungen kleiner als die der unbekannten Größen, das Problem bleibt also unbestimmt. Jedoch zeigen glücklicherweise die umfassenderen Messungen in verschiedenen Gegenden der Erde eine solche Uebereinstimmung in den Werthen von b_1 und b_2, daß es sogar bei 5 Beobachtungen zweckmäßiger scheint, diese allgemeinen Werthe in die obige Gleichung zu setzen, als dieselben aus den wenigen Beobachtungen herzuleiten. Es wird nämlich

$$B = B + a_1 \sin(n.15^0 + 183^0\,0') + a_2 \sin(n.30^0 + 154^0\,34');$$

es bleibt also nur noch die Messung von 3 Größen übrig, und es genügen mithin 3, etwa am Morgen, Nachmittag und Abend gemachte Messungen, um die Extreme zu bestimmen, wenn man dabei zugleich den Barometerstand in den oben gegebenen Wendestunden aufsucht. Nahm ich an solchen Orten, wo fast stündliche Beobachtungen gemacht waren, drei willkührliche Messungen und leitete daraus die Werthe von B, a_1 und a_2 her, so zeigte sich eine hinreichende Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Größen. — Dieses gilt jedoch nur von dem jährlichen Mittel; um die Verhältnisse einzelner Monate zu finden, müssen wir dem obigen allgemeinen Ausdrucke (A) noch das Glied $a_3 \sin(n.54^0 + b_3)$ zufügen, die Werthe der Hülfswinkel sind in verschiedenen Monaten ungleich."

Auf die Größe der täglichen Oscillation hat den bedeutendsten Einfluß die geographische Breite des Ortes. Aber außerdem hängt dieselbe auch noch wie es scheint von den Jahreszeiten ab, wie zuerst Ramond bemerkte. Im Allgemeinen sind die Oscillationen im Winter kleiner als in den übrigen Jahreszeiten. Nach den sorgfältigen Beobachtungen von Kämtz in Halle sind die täglichen Schwankungen im Sommer (wo sie am größten sind) ungefähr $^1/_{14}$ Linie größer als im Winter. Dreijährige Beobachtungen auf der Sternwarte in Mailand stimmen mit dieser Bemerkung überein.

Auf die Größe der mittleren täglichen Oscillation ist ferner aber auch die Erhebung des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel von Einfluß. Daniell machte zuerst darauf aufmerksam, daß auf dem St. Bernhard das Barometer Nachmittags nicht selten einen größeren Luftdruck anzeigte, als des Morgens, während gleichzeitig in Genf das entgegengesetzte Verhältniß stattfand. Beobachtungen von Eschmann auf dem Rigi und von Horner in Zürich geben zu gleicher Bemer-

*) Vorlesungen über Meteor. S. 271.

lung veranlassung, und ebenso die Beobachtungen von Kämtz auf dem Rigi und Faulhorn, welche gleichzeitig mit Beobachtungen an tiefer gelegenen Orten angestellt wurden.

Kämtz hat in folgender Tabelle die Mittel seiner Beobachtungen auf dem Rigi und dem Faulhorn mit den zu Zürich gemachten Messungen zusammengestellt, Die Größe zwischen 10 h. und 17 h. sind an allen genannten Orten durch Interpolation gefunden.

	Zürich	Rigi	Unterschied beider	Zürich	Faulhorn	Unterschied
	320‴+	270‴+	40‴+	320‴+	240‴+	70‴+
Mittag	0,982	2,345	8,637	4,305	7,308	6,997
1	0,917	2,347	8,570	4,159	7,251	6,908
2	0,869	2,353	8,516	4,044	7,210	6,834
3	0,827	2,336	8,491	3,917	7,174	6,743
4	0,789	2,336	8,453	3,891	7,136	6,755
5	0,777	2,319	8,458	3,937	7,128	6,809
6	0,847	2,356	8,491	4,014	7,142	6,872
7	0,928	2,361	8,567	4,137	7,093	7,044
8	1,047	2,433	8,614	4,278	7,104	7,174
9	1,195	2,497	8,698	4,363	7,108	7,255
10	1,222	2,504	8,718	4,401	7,097	7,304
11	1,248	2,487	8,761	4,390	7,074	7,316
Mitternacht	1,209	2,445	8,764	4,364	7,042	7,322
13	1,141	2,383	8,758	4,325	6,999	7,326
14	1,074	2,318	8,756	4,289	6,948	7,341
15	1,035	2,261	8,774	4,275	6,899	7,376
16	1,032	2,223	8,809	4,290	6,868	7,422
17	1,061	2,197	8,864	4,338	6,869	7,469
18	1,087	2,197	8,890	4,402	6,934	7,468
19	1,119	2,207	8,912	4,478	6,986	7,492
20	1,129	2,243	8,886	4,552	7,079	7,473
21	1,119	2,257	8,862	4,578	7,192	7,386
22	1,082	2,290	8,792	4,545	7,308	7,237
23	1,035	2,333	8,702	4,435	7,316	7,119

Sehr deutlich zeigen diese Resultate gleichzeitiger Beobachtungen die Aenderung dieses Phänomens mit der Erhebung über dem Boden. Während in Zürich das Barometer vom Mittage bis etwa 5 Uhr Abends sinkt, finden wir zwar eine ähnliche Abnahme des Luftdruckes auf dem Rigi, aber die Variationen sind kleiner, und daher nimmt die Differenz der Barometerstände an beiden Stationen zu. Während der Nacht nimmt der Luftdruck an beiden Orten fast gleichförmig ab, daher bleibt die Differenz der Barometerstände fast unverändert, es zeigt sich jedoch eine sehr wichtige Verschiedenheit in Betreff der Zeit, wo das Minimum am Morgen stattfindet, denn diese liegt in Zürich zwischen 3 und 4 Uhr, auf dem Rigi

zwischen 5 und 6 Uhr. Indem nun das Barometer steigt, finden wir in Zürich eine weit schnellere Zunahme des Luftdruckes als auf dem Rigi und daher eine schnelle Abnahme der Differenz der Barometerstände; während jedoch in Zürich das Maximum etwa um 8 Uhr liegt, zeigt sich auf dem Rigi eine Zunahme des Luftdruckes fast bis zur Zeit des Mittages. Aehnliche Verschiedenheiten zeigen die Messungen auf dem Faulhorne, und wenn gleich hier wegen der bedeutenden Größe der täglichen Variationen in Zürich dieses Phänomen noch immer an dem höheren Punkte zu erkennen ist, weichen nicht bloß die Wendestunden oben und unten sehr von einander ab, sondern die Differenz der Barometerstände ändert sich sehr bedeutend während des Tages, denn am Nachmittage beträgt sie etwa 76,7, am Morgen 77,5 Linien.

Um die Aenderung dieser Verhältnisse mit der Höhe kennen zu lernen, scheint es Kämtz am zweckmäßigsten, auch hier die mittlere tägliche Schwankung zu Grunde zu legen. Wir suchen demnach die vier Extreme in der Tiefe auf und subtrahiren das mittlere Minimum von dem mittleren Maximum. Um damit nun die Verhältnisse am obern Punkte zu vergleichen, suchen wir an diesem die Barometerstände zur Zeit der Wendestunden am tiefern Punkte auf, und subtrahiren ebenso die Mittel zur Zeit der Maxima. So geben die gleichzeitigen Barometerstände in Zürich und auf dem Rigi:

Minimum	um	4^h,38	Zürich	320‴,780	Rigi	272‴,323
Maximum	=	10,70	=	321,250	=	272,500
Minimum	=	15,53	=	321,028	=	272,200
Maximum	=	19,67	=	321,130	=	272,233

In Zürich ist hiernach die mittlere Differenz 0‴,286, auf dem Rigi nur 0‴,105. Ebenso ergeben gleichzeitige Beobachtungen in Genf und Zürich für die mittlere tägliche Oscillation die Größe von 0‴,398, während die entsprechende Differenz auf dem Faulhorn nur 0‴,119 beträgt. Kämtz schließt hieraus, daß bei hinreichender Entfernung vom Niveau des Meeres ein Punkt kommen muß, wo diese täglichen Oscillationen ganz verschwinden, zumal über Orten, wo sie auch in der Tiefe nur klein sind. Als Kämtz im Jahr 1833 bei sehr schlechtem Wetter auf dem Faulhorn war, betrug die mittlere tägliche Oscillation nach den Messungen in Basel, Bern, Genf und Zürich nahe 0‴,291, auf dem Faulhorn nur 0‴,079, und während das Barometer in der Tiefe vom Maximum um $9\frac{1}{2}$ Uhr Morgens bis zum Minimum um 3,8 Uhr um 0‴,3 sank, stieg dasselbe auf dem Faulhorn um 0‴,129; es fand also auf der Höhe ein Steigen des Barometers statt, während dieses in der Tiefe sank.

Um die mittleren täglichen Oscillationen in verschiedenen Gegenden der Erde mit einander zu vergleichen, muß man also nach dem Gesagten nicht bloß solche aus wenigstens jahrelangen Beobachtungen abgeleitete Bestimmungen zu Grunde legen, bei denen der Einfluß der Jahreszeiten unschädlich gemacht ist, sondern man muß auch eine Correction für die Erhebung des Ortes über der Meeresoberfläche anbringen, d. h. bei einem hochgelegenen Orte muß man die aus den Beobachtungen gefundene Bestimmung der mittleren Schwankungen um so viel vergrößern als sie in Folge der Erhebung des Ortes kleiner ausfällt. Aus den Beobachtungen in den Alpen leitet Kämtz *) eine einfache Regel für diese Correction ab

*) Vorles. über Meteor. S. 296.

Nehmen wir an, der Barometerstand am Ufer des Meeres betrage 337‴,5, und es sei hier die mittlere Schwankung etwa D; erheben wir uns dann bei unveränderter Breite und sinkt das Barometer um b Linien unter 337‴,5, so verwandelt sich die tägliche mittlere Schwankung in d. Wir können nun annehmen, es sei $d = D - a.b$, wo a ein durch die Beobachtungen zu bestimmender Coefficient ist. Die Beobachtungen welche Kämtz im Sommer 1832 auf dem Rigi machte, geben in Vergleichung mit denen in Zürich $a = 0{,}003691$. Die Beobachtungen auf dem Rigi im Jahr 1833 geben im Vergleich mit denen in Basel, Bern und Zürich $a = 0{,}003986$. Die Messungen auf dem Faulhorne im Jahr 1832 geben im Vergleich mit denen zu Genf und Zürich $a = 0{,}003674$. Die Messungen an eben diesem Punkte im Jahr 1833 geben in Vergleich mit denen in Basel, Bern, Genf und Zürich $a = 0{,}002758$. Eine Reihe von Beobachtungen, welche Buchwalder auf dem Säntis und Horner in Zürich anstellten, giebt $a = 0{,}003630$. Eine Reihe von Messungen, welche Sauſſure auf dem Col du Géant anstellte, giebt in Vergleich mit denen in Genf und Chamouni $= 0{,}004056$. Endlich giebt eine Reihe Messungen von Eschmann auf dem Rigi während des Winters in Vergleich mit denen in Zürich $a = 0{,}002856$. Wir können demnach annehmen, es sei in den Alpen $a = 0{,}003507$. Nahe dieselbe Größe giebt eine Vergleichung der Messungen zu Halle, Dresden, Jena, Prag, Zittau, Gotha, Freiberg und Altenberg. Wir finden darnach nämlich $= 0{,}003628$. Die an verschiedenen Orten des tropischen America angestellten Messungen geben $a = 0{,}002441$. Nehmen wir das Mittel aller dieser Bestimmungen, so wird $a = 0{,}003413$. Um demnach die Größe der täglichen Oscillationen aufs Niveau des Meeres zu reduciren, suchen wir an einem Ort zuerst die Differenz der Barometerhöhe zur Zeit der beiden Maxima und Minima auf; dann multipliciren wir die Zahl von Linien, um welche das Barometer tiefer steht, als 337‴,5 mit 0,003413, und addiren das Product zu der vorher gefundenen Differenz.

Bezeichnet also D die Größe der täglichen Oscillation aufs Niveau des Meeres reducirt, bezeichnet ferner d die Differenz der Barometerhöhen zur Zeit der beiden Maxima und Minima, endlich H die Barometerhöhe, welche an den (über dem Niveau gelegenen) Beobachtungsorte als der hier herrschende Barometerstand beobachtet worden, so ergeben obige Regeln $D = d + 0{,}003413\,(337‴,5 - H)$.

Oder nehmen wir den Barometerstand am Niveau des Meeres zu 760 Millimeter an, so ist $D = d + 0{,}003413\,(760^{\text{mill.}} - H)$.

Bravais *) hat eine andere Methode der Bestimmung der mittleren Oscillation vorgeschlagen, um das Verschwinden derselben bei der Erhebung über die Meeresoberfläche zu berechnen. Es giebt die Formel $D = d + 0{,}0007\,(760^{\text{mill.}} - H)$, in welcher d, die mittlere Schwankung, gegeben ist durch die Quadratwurzel aus der Differenz des Mittels der Quadrate der Differenzen der stündlichen unveränderlichen Barometerablesungen und des mittleren constanten Barometerstandes.

Der von Kämtz angegebenen Regel gemäß ist die letzte Columne in der nachfolgenden Tafel **) berechnet, welche für eine Anzahl von Orten und deren geographische Breite den mittleren Barometerstand, sowie die beobachtete und die auf das Niveau des Meeres reducirte mittlere Oscillation angiebt.

*) Instit. 1842. p. 309.
**) Kämtz, Vorlesungen über Meteor. S. 298.

Ort	Breite	Mittlerer Barometerstand	Mittlere tägliche Oscillation	
			Beobachtet	Reducirt
Lima	12° 3′ S.	328‴,8	1‴,202	1‴,232
Caracas	10 31 N.	302,3	0,960	1,080
Payta	5 6 N.	336,0	0,921	0,921
Santa Fé de Bayota	4 36 N.	248,2	0,889	1,194
Ibagué	4 28 N.	292,0	0,851	1,006
Popayan	2 26 N.	274,0	0,850	1,067
La Guayra	10 36 N.	336,6	0,839	0,842
Calcutta	22 35 N.	336,4	0,815	0,819
Callao	12 3 S.	336,8	0,814	0,815
Cumana	10 28 N.	335,2	0,789	0,797
Großer Ocean	0	. . . .	0,756	0,756
Rio Janeiro	22 54 S.	339,1	0,754	0,754
Chittledroog	14 11 N.	308,1	0,733	0,799
Taïti	17 29 S.	337,5	0,729	0,729
Mexico	19 26 N.	258,5	0,704	0,973
Großer Ocean	16 0 S.	. . . .	0,688	0,688
Sierra Leone	8 30 N.	334,4	0,685	0,696
Cairo	30 2 N.	335,7	0,683	0,689
Quito	0 13 S.	245,5	0,655	0,969
Großer Ocean	18 0 N.	. . . .	0,641	0,641
Antisana	0 33 N.	208,5	0,557	0,997
Rom	41 54 N.	235,5	0,435	0,442
Basel	47 34 N.	327,5	0,373	0,407
Viviers	44 29 N.	334,9	0,372	0,381
Brüssel	50 50 N.	335,6	0,355	0,361
Clermont	45 27 N.	322,7	0,346	0,362
Mailand	45 28 N.	333,4	0,333	0,347
Chur	46 51 N.	315,2	0,316	0,392
Frankfurt a. M.	50 8 N.	333,6	0,316	0,329
Arnstadt	50 50 N.	326,0	0,296	0,335
Heidelberg	49 25 N.	335,5	0,288	0,279
Mannheim	49 29 N.	332,8	0,255	0,271
Paris	48 50 N.	335,4	0,242	0,249
Jena	50 56 N.	332,1	0,241	0,259
Christiania	59 55 N.	336,0	0,230	0,230
Prag	50 5 N.	329,8	0,227	0,253
Padua	45 24 N.	335,5	0,214	0,227
Halle	51 29 N.	334,0	0,209	0,221
Dresden	51 7 N.	330,0	0,209	0,235
Gotha	50 56 N.	324,0	0,199	0,245
Zittau	50 52 N.	328,0	0,199	0,231
Münster	51 58 N.	334,6	0,189	0,199
Wetzlar	50 32 N.	329,7	0,174	0,201
Apenrade	55 3 N.	336,4	0,159	0,163
Berlin	52 33 N.	336,3	0,152	0,156
Hungerhafen	53 38 S.	332,7	0,152	0,152
Altenberg	50 45 N.	308,4	0,146	0,245
Freiberg	50 55 N.	321,9	0,135	0,188
Krakau	50 4 N.	329,1	0,131	0,160
Danzig	54 21 N.	336,6	0,130	0,133
Abo	60 27 N.	336,7	0,113	0,114
Edinburg	55 55 N.	331,1	0,092	0,114
Königsberg	54 42 N.	337,3	0,084	0,084
Petersburg	59 56 N.	336,6	0,059	0,063
Kasan	55 48 N.	336,1	0,052	0,057

Es geht aus den Angaben dieser Tafel hervor, daß die täglichen Schwankungen unter dem Aequator am größten sind, von da nach den Polen zu aber immer mehr abnehmen. Nach den auf das Niveau des Meeres reducirten mittlern Tages-Schwankungen ist die Größe der täglichen Oscillation unter dem Aequator im Mittel 1‴,011. Folgende Breiten aber entsprechen den untenstehenden mittleren Oscillationen:

der	Breite	von	5°	26′	die	Oscillation	von	1‴,0	
"	"	"	17	52	"	"	"	0	,9
"	"	"	23	55	"	"	"	0	,8
"	"	"	29	28	"	"	"	0	,7
"	"	"	34	26	"	"	"	0	,6
"	"	"	39	4	"	"	"	0	,5
"	"	"	43	34	"	"	"	0	,4
"	"	"	48	1	"	"	"	0	,3
"	"	"	52	33	"	"	"	0	,2
"	"	"	57	17	"	"	"	0	,1
"	"	"	62	25	"	"	"	0.	

Zwischen 60—70° Br. verschwinden, wie man sieht, die täglichen Oscillationen. Hällström und Kämtz*) finden für noch größere Breiten negative Werthe für die tägliche Oscillation, d. h. die mittleren Barometerstände würden um 4 Uhr Morgens und Abends größer sein als um 10 Uhr Morgens und Abends, die Maxima würden in Minima und diese in jene übergehen. Indeß ist die Frage, ob dem wirklich so sei, durch Beobachtungen noch nicht vollkommen entschieden. Die Barometeterbeobachtungen, welche Ihle**) 1839—1841 in Kaosjord in Finnmarken unter 69° 58′ 15″ nördl. Br. anstellte, ließen nach dem allgemeinen Mittel keine regelmäßigen täglichen Schwankungen erkennen. Nimmt man aber die Jahresmittel, so wird es wahrscheinlich, daß nur in den kurzen Tagen die Oscillationen ganz verschwinden, ja sich umkehren, während sie in den langen Tagen die gewöhnlich auftreten.

Bei den Beobachtungen über die täglichen Oscillationen, wie wir sie bisher angeführt, ist auf den Einfluß einer Dampfatmosphäre auf das Barometer keine bestimmte Rücksicht genommen. Daher erscheint aller Einfluß der Dampfatmo-

*) Zur Berechnung der täglichen Oscillation aus der geogr. Breite sind folgende Formeln gegeben worden:

Von Hällström (Ann. d. Phys. Bd. LXXXIV. S. 150): $s = 2{,}341 - 0{,}7723 \sin l - 1{,}5836 \sin^2 l$, wo s in Millimetern den Unterschied zwischen dem größern Maximum und dem kleinern Minimum bedeutet, l die geogr. Breite.

Von Kämtz (Lehrb. der Meteor. Bd. II. S. 278): $D = -0‴{,}1491 + 1‴{,}0028 \cos^2 l$, wo D die mittlere Oscillation unter der Breite l bezeichnet.

Von Forbes (Edinb. Trans. XII. p. 180): $z = 3{,}031 \cos^{5/2} l - 0{,}381$ Millim. oder $z = 0{,}1193 \cos^{5/2} l - 0{,}0150$ engl. Zoll, wo z der Unterschied zwischen dem Barometerstande um 10 Uhr Morgens und dem um 4 Uhr Abends. Nach dieser Formel wird die Größe der täglichen Oscillation unter dem Aequator 2,650 Millim., unter der Breite von 54° 8′ Null und in höheren Breiten kehrt sie sich um.

Von Kämtz: $D = -0‴{,}2451 + 1{,}2126 \cos^2 l - 0{,}002874\ B$, wo B die Anzahl Linien bezeichnet, um welche das barometrische Mittel des Beobachtungsortes unter 337‴,5 steht, welches als mittlerer Barometerstand am Meere angenommen ist.

**) Pogg. Ann. Bd. LVIII. S. 337.

sphäre als ein ein unregelmäßiger, nur als zu eliminirender, auf die Regelmäßigkeit der Barometerbewegungen sich geltend machender Einfluß. Um diese regelmäßigen Bewegungen zu erklären, hatte schon Bouguer und nach ihm Laplace und Ramond auf deren Abhängigkeit vom Gange der täglichen Temperatur aufmerksam gemacht. Kämtz weist aus Beobachtungen die Richtigkeit des schon oben erwähnten Gesetzes nach, daß (in einer Luftatmosphäre) der Gang des Thermometers und des Barometers im Allgemeinen ein entgegengesetzter sein muß. Er hat aus den Beobachtungen an sehr verschieden gelegenen Orten folgende Tabelle zusammengestellt, in welcher das Zeichen + das Steigen, das Zeichen — das Fallen des Barometers oder Thermometers um die beigeschriebene Anzahl von Linien oder Graden bedeutet.

Aendert sich das Barometer um	so ändert sich das Thermometer um			
	Bagdad	Ofen	Cambridge	Eyafiord
+10‴				— 8°,85
+ 8				— 5,99
+ 7			— 6°,53	— 2,35
+ 6				— 3,48
+ 5		— 3°,42	— 5,59	— 2,88
+ 4		— 2,55	— 3,19	— 2,35
+ 3	— 3°,92	— 1,76	— 1,86	— 1,56
+ 2	— 1,39	— 1,15	— 1,65	— 1,00
+ 1	— 0,42	— 0,87	— 0,72	— 0,74
— 1	+ 0,69	+ 0,51	+ 0,42	+ 0,20
— 2	+ 0,84	+ 0,68	+ 1,94	+ 1,11
— 3	+ 1,94	+ 2,00	+ 2,39	+ 1,64
— 4		+ 2,19	+ 2,11	+ 2,56
— 5		+ 1,95	+ 2,78	+ 3,58
— 6				+ 4,31
— 7			+ 3,70	+ 5,64
— 8				+ 7,00
—10				+10,50

Kämtz beruft sich zur Bestätigung der Ansicht von dem Zusammenhange beider Instrumente auch noch auf Beobachtungen von Bousfingault, welche derselbe im Verlaufe eines Jahres zu Santa Fé de Bogota im tropischen America anstellte. Der Gegensatz von Steigen und Fallen beider Instrumente tritt entschieden in der Tabelle hervor und zwar sind die Aenderungen des einen Instrumentes desto größer, je bedeutender die des anderen sind. Kämtz bemerkt, daß namentlich im Winter das angegebene Verhältniß beider Instrumente entschieden hervortrete. Es ist offenbar, daß im Winter die Dampfatmosphäre sich minder stark geltend mache in ihrem Einflusse auf das Barometer als im Sommer. Zur Erklärung einzelner Anomalien macht Kämtz auf einen allerdings sehr beachtenswerthen Umstand aufmerksam. Während fast alle übrigen meteorologischen Instrumente von der Beschaffenheit sind, daß sie nur das meteorologische Verhalten der Luft in ihrer unmittelbaren Nähe angeben und daher ihre Angaben nur für

sehr beschränkte Räume Gültigkeit haben; wird das Barometer stets von der ganzen Atmosphäre von ihrem Boden bis zu ihrer Grenze afficirt, zeigt stets den Gesammtdruck aller über ihm lagernden Luftschichten an. Das Thermometer notirt niemals den Wärmestand der Atmosphäre von ihrem Boden bis zu ihrer Grenze, sondern immer nur den des Luftstromes, in welchem es sich eben befindet und wiewohl die Temperatur in einer im Allgemeinen gewiß regelmäßigen Weise von unten nach oben in der Atmosphäre abnimmt, so kommen doch besonders in den niederen Regionen außerordentlich große Unregelmäßigkeiten in dieser Beziehung vor, so daß sehr oft in höheren Schichten in Folge der eigenthümlichen Windesrichtung höhere Temperaturen stattfinden als in den darunter liegenden. Die schon oben erwähnte Erklärung der täglichen Schwankungen des Barometers von Ramond *) ist folgende.

Während sich die Sonne in unserm Meridiane befindet, erwärmt sie den Theil der Erde, welcher zwischen dem Orte ihres Auf- und Unterganges in diesem Momente liegt. Wir wollen annehmen, diese Erwärmung zeige sich vorzugsweise nur zwischen den Meridianen, in welchen es 21 h. und 3 h. ist, wenn die Sonne bei uns culminirt. Indem die Luft durch diese Erwärmung ausgedehnt wird, erhält die Atmosphäre in dem erwähnten Raume eine größere Höhe als in den benachbarten Gegenden, ein Theil der Luft fließt ab, das Barometer sinkt, es steigt dagegen durch den Druck der hinzugekommenen Luftmassen in den Räumen zwischen den Meridianen von 3 h. und 9 h., so wie in denen zwischen 3 h. und 21 h.; in dem einen dieser Räume ist die Luft noch von der Nacht her kalt, die Atmosphäre hat eine geringere Höhe und es kann ein Theil ab- und zufließen; in der zweiten Gegend erwärmt die Luft, nachdem die Zeit der größten täglichen Wärme vorüber ist. So verbreitet sich diese Bewegung nach und nach aus einer Gegend in die benachbarte und wird dadurch dem Theile mitgetheilt, welcher, von unserm Meridiane aus gerechnet, zwischen den Nachtkreisen liegt. Das Barometer sinkt daher von 9 h. bis 15 h., weil die Atmosphäre durch Verminderung der Kälte während der Nacht an Dichtigkeit, durch den Antheil, welchen ihre obern Schichten den beiden benachbarten Regionen gegeben haben, aber an Höhe verloren hat. Wenn sich nach dieser Hypothese auch die beiden Maxima und das Minimum am Tage erklären läßt, scheint es auf den ersten Augenblick schwierig, daraus das Minimum am Morgen herzuleiten. Aber zur Zeit, wo dieses erfolgt, tritt östlich von dem Orte das Minimum der Temperatur ein, die Atmosphäre hat dann die geringste Höhe und nothwendig fließt dahin ein Theil der Luftmasse aus den westlicher gelegenen Gegenden, wodurch hier das Barometer sinkt.

Der Einfluß der Jahreszeiten auf die Barometerschwankungen schließt sich wohl an diese Erklärungen an. Wenn nämlich im Frühlinge die Tage länger werden, so entfernt sich die Zeit der niedrigsten Temperatur des Morgens und Abends mehr und mehr vom Mittage und ein gleiches muß also auch mit den Extremstunden des Barometers der Fall sein; und die tägliche Oscillation muß in der warmen Jahreszeit größer sein als in der kalten, weil die Wärmeunterschiede jener im Allgemeinen größer sind. Dagegen sieht man nicht wohl ein, wie aus den bloßen Differenzen der höchsten und niedrigsten Tagestemperatur die Aenderung der Größe der täglichen Oscillation mit der zunehmenden geogr. Breite erfolgt, da diese

*) Mém. de l'Instit. 1808. p. 108. Vgl. Kämtz, Meteor. Bd. II. S. 280.

Differenzen in den verschiedenen Breiten nur wenig verschieden sind. Daniell*) nimmt bei seiner Erklärung des Phänomens auf die Luftströmungen Rücksicht, welche (die Ursache der Passate) in Folge der starken Erwärmung der Luft über dem Aequator und unter Einfluß der Axendrehung der Erde im Allgemeinen als ein oberes Abströmen der Luft vom Aequator nach den Polen zu und als ein unteres Zuströmen derselben von den Polen zu dem Aequator hin sich verhalten. Der obere und untere Strom müßte zu den verschiedenen Tageszeiten eine ungleiche Geschwindigkeit haben.

So lange beide Ströme unverändert dieselbe Geschwindigkeit haben, wird ein Barometer allenthalben von der darüber stehenden Luftsäule einerlei Druck erleiden, da in den obern Regionen ebenso viel Luft abfließt, als in den untern zufließt. Sowie aber diese Geschwindigkeiten durch ungleiche Temperaturänderungen beider Ströme modificirt werden, so entstehen locale Ausdehnungen der Luft und diese bewirken eine ungleiche Vertheilung der ponderablen Materie. Wird z. B. die untere Schicht eines verticalen Durchschnittes stärker erwärmt als die obere, dann wird der obere Strom beschleunigt, das Gewicht der Luft dadurch vermindert. Nun können wir die Aenderungen von Wärme und Kälte während des Tages im Allgemeinen als von gleichem Einflusse auf beide Ströme ansehen, da die erwärmten Luftschichten aufsteigen und den obern einen Theil ihrer höheren Temperatur mittheilen; stets aber ist dazu einige Zeit erforderlich, das Barometer wird also durch sein Sinken die Größe dieser Ungleichheit angeben. Ebenso wirkt die Erkaltung der Atmosphäre früher auf die untern Schichten als auf die obern und das Barometer wird in diesem Falle steigen. Untersuchen wir nun diesen Umstand genauer, so haben wir am Aequator nur die Unregelmäßigkeit der lateralen Ausdehnung oder Zusammenziehung zu betrachten, das Barometer fällt, so wie die Erde erwärmt wird; dieser Stoß, welchen die ankommenden Ströme erleiden, muß bis zu den Polen erstrecken, und da die Geschwindigkeit der Luftmassen in den unteren Regionen vermindert wird, ohne daß in den oberen eine Ausgleichung vorhanden ist, so hat das Barometer in allen Breiten zwischen dem Aequator und den Polen ein Streben zum Steigen. Das Bestreben des Queckſilbers zum Sinken wird also desto geringer, je weiter wir uns vom Aequator entfernen; endlich kommt ein Punkt, wo beide Ursachen mit gleicher Intensität wirken, das Barometer bleibt hier in Ruhe; gehen wir noch näher zum Pole, so steigt hier das Barometer zu derselben Zeit, wo es am Aequator sinkt und umgekehrt.

Dove**) hat zuerst bei Erklärung der täglichen Barometerschwankungen die Dampfatmosphäre bestimmte Rücksicht genommen. Er suchte nachzuweisen, daß die barometrischen täglichen Veränderungen der Unterschied zweier, einen vielfacheren Gang zeigender Veränderungen seien, nämlich des Druckes der trockenen Luft und der Elasticität der ihr beigemengten Wasserdämpfe, welche in den einfachsten Verhältnissen eine 24stündige Periode befolgen, bei ihrer Interferenz (wenn sie sich zum Theil entgegenwirken) aber eine 12stündige Periode einhalten. Dove legte seinen Untersuchungen Beobachtungen zu Grunde, welche Neuber Apenrade mit einem Hygrometer nach der Einrichtung Daniell's anstellte.

---

*) Daniell, Meteor. Ess. p. 251. Schweigger's Jahrb. N. R. Bd. XV. S. 1

**) Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 231. Vergl. Repertorium d. Physik, herausg. von Do Bd. IV. S. 246.

bestimmte danach den Druck der Dampfatmosphäre für die einzelnen Stunden des Tages und subtrahirte die so gefundene Größe von dem Barometerstande. So erhielt er den Druck, welcher durch die trockene Luft für sich allein hervorgebracht wird und es zeigte sich, daß nur Ein tägliches Maximum und Minimum vorhanden sei. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate, welche Dove für die trockene Luft erhielt.

Stunde	Jahr	Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Mittag	332‴,057	330‴,081	329‴,746	333‴,759	334‴,474
1	1,983	0,004	9,669	3,632	4,414
2	1,949	29,983	9,639	3,588	4,389
3	1,962	30,017	9,661	3,578	4,395
4	2,021	0,107	9,729	3,607	4,442
5	2,120	0,249	9,986	3,669	4,524
6	2,245	0,433	29,799	3,690	4,634
7	2,381	0,648	30,036	3,839	4,753
8	2,593	0,881	0,038	3,911	4,976
9	2,626	1,112	0,173	3,954	5,028
10	2,712	1,325	0,203	3,961	5,141
11	2,768	1,504	0,212	3,934	5,230
Mitternacht	2,797	1,634	0,224	3,946	5,290
13	2,803	1,707	0,236	3,825	5,319
14	2,793	1,718	0,259	3,775	5,321
15	2,772	1,666	0,292	3,745	5,291
16	2,743	1,558	0,326	3,742	5,240
17	2,704	1,402	0,349	3,764	5,170
18	2,652	1,211	0,306	3,738	5,085
19	2,583	0,998	0,313	3,837	4,987
20	2,614	0,777	0,297	3,859	4,797
21	2,390	0,563	30,127	3,856	4,769
22	2,275	0,368	29,996	3,823	4,660
23	2,159	0,204	9,866	3,766	4,558

Im Verlaufe des ganzen Jahres ist, wie man sieht, gegen 1 Uhr (13 h.) nach Mitternacht der atmosphärische Druck am größten, nimmt von da ab, ist gegen 11 Uhr nach Mittag am kleinsten und nimmt dann wieder bis nach Mitternacht zu. Am kleinsten also ist er zur Zeit der größten Sonnenwärme, am größten etwa 11 Stunden später. Der Unterschied des höchsten und des niedrigsten Barometerstandes beträgt 0‴,854. Im Sommer ist diese Differenz des Maximum und Minimum größer als in den übrigen Jahreszeiten. Es ist für

	Frühling	Sommmer	Herbst	Winter
das Min.	2 h.	2 h.	2 h.	3 h.
das Max.	14 h.	14 h.	17 h.	12 h.
die Differenz	0,932	1,735	0,710	0,368

Der Einwirkung der Dampfatmosphäre muß es also zugeschrieben werden, wenn ein doppeltes Minimum und ein doppeltes Maximum im Laufe des Tages sich herausstellte. Mit Aufgang der Sonne beginnt die Dampfentwicklung und be-

wirkt eine solche Vermehrung des atmosphärischen Druckes, daß trotz der fortwährenden Abnahme des Druckes der trockenen Luft während des Morgens dennoch ein Steigen des Barometers und das Eintreten eines Maximums (gegen 10 Uhr Morgens) stattfindet. Nach Sonnenuntergang setzt sich dann die Abnahme des Dampfes fort und zwar nimmt der Druck der Dampfatmosphäre schneller ab, als der Druck der Luft zunimmt, und so erklärt sich das Minimum am Morgen.

Kämtz*) hat jedoch die Dove'schen Bestimmungen nicht bestätigt gefunden. Aus Beobachtungen zu Halle in den Monaten Januar und Juli und zu Münster im Mai und September (von Stierlin) findet er folgende Angaben. Im Julius zeigt sich bald nach Mitternacht ein Maximum; von da nimmt der Druck bis gegen 8 Uhr Morgens ab, steigt aber jetzt aufs Neue, erreicht bald nach der Culmination der Sonne ein zweites Maximum, gegen 7 Uhr Abends ein zweites Minimum und nimmt dann wieder zu. Dabei beträgt der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Barometerständen nur 0‴,4 bis 0‴,5, also ungefähr nur ein Viertel der Größe, welche Dove aus den Apenrader Beobachtungen für den Sommer gefunden. Ebenso zeigen sich im Januar zwei Maxima um 10 Uhr Morgens und Abends und zwei Minima um 5 Uhr Morgens und 2 Uhr Mittag.

Da die Entwicklung des Wasserdampfes in der Nähe großer Wasseransammlungen (also namentlich des Meeres) unter ganz anderen Bedingungen geschieht als über trockenem Erdreiche, im Innern ausgebreiteter Continente, so muß auch der Einfluß der Dampfatmosphäre auf den Barometerstand in einem Seeklima ein ganz anderer sein als in einem Continentalklima. Die Apenrader Beobachtungen von Dove beziehen sich auf das Verhalten des Druckes der Dampfatmosphäre in einem Seeklima. Hier nimmt, wie gezeigt wurde, der Druck von der kältesten Stunde bis zur wärmsten zu und von dieser bis zur kältesten wieder ununterbrochen ab, und auch die Aenderungen des Druckes der trockenen Luft befolgen eine 24stündige, keine 12stündige Periode. Beobachtungen in Petersburg und Plymouth haben dieses Resultat bestätigt. An Orten dagegen, welche fern vom Meere liegen, ein also kein bei Tage eintretender Seewind das ergänzen kann, was der unter dem Einflusse der Wärme sich erzeugende aufsteigende Strom den unteren Luftschichten an Feuchtigkeit entführt, wird Zunahme und Abnahme des Druckes des Wasserdampfes der Zunahme und Abnahme des Druckes der trockenen Luft sich anschließen, indem beide Drucke nach der wärmeren Tageszeit zu abnehmen, da der Wasserdampf durch die Wärme nur verdünnt und gehoben, nicht vermehrt wird, ebenso wie es mit der trockenen Luft geschieht. Man hat also, wie Dove**) bemerkt, für einen Ort des continentalen Klima's zu erwarten, daß das Maximum am Morgen für die ganze Atmosphäre wegfallen wird, wie es bei Orten in der Nähe des See nur für den von der Elasticität des Wasserdampfes gesonderten Druck der Luft stattfindet, und wirklich bestätigt dies auch vollkommen eine Vergleichung dreijähriger in Petersburg und Catharinenburg angestellter Beobachtungen. Aus denselben ergiebt sich nämlich in halben englischen Linien,

*) Vorles. üb. Met. S. 313.
**) Dove, Repert. Bd. IV. S. 260.

Petersburg:

	Atmosphäre	El. d. Dampf.	trockene Luft
8	598,77	4,57	594,20
10	598,84	4,64	594,20
12	598,83	4,67	594,16
2	598,75	4,65	594,10
4	598,69	4,60	594,09
6	598,66	4,57	594,09
8	598,66	4,57	594,09
10	598,66	4,51	594,15

Catharinenburg:

	Atmosphäre	El. d. Dampf.	trockene Luft
8	581,20	3,71	577,49
10	581,18	3,63	577,55
12	581,11	3,55	577,56
2	581,00	3,51	577,49
4	581,99	3,51	577,48
6	581,01	3,57	577,41
8	581,10	3,68	577,42
10	581,16	3,69	577,47

Auch geben die barometrischen Beobachtungen in Barnoul und Slatuſt kein Maximum des Morgens, nämlich:

	Barnoul	Slatuſt
8	593,02	574,02
10	593,01	574,00
12	593,01	573,91
2	592,92	573,79
4	592,89	573,28
6	592,82	573,38
8	592,92	573,92
10	592,98	573,91
Mittel	592,96	573,90

ar in dem Verhalten des Waſſerdampfes daher ein Erklärungsgrund für die richeinung, daß die tägliche Oscillation entfernt von den Küſten nicht nur größer t als in der Nähe derſelben, ſondern auch ſich in ihrem Verlauf weſentlich mo- ſirt, ſo erläutert daſſelbe auch die Erſcheinung, daß in der Zone der Mouſſons Größe derſelben bedeutend vermindert wird, wenn die Regen bringenden Mouſ- s herrſchen.

Um den mittleren Barometerſtand eines Tages zu beſtimmen, obachtet man gewöhnlich das Barometer zur Zeit des Maximum am Morgen und

zu der des Minimum am Abende. Kämtz meint, wenn man um 6 Uhr Morgens und um 2 und 10 Uhr Abends oder um 7 Uhr Morgens und um 2 und 9 Uhr Abends beobachte, so gäbe das arithmetische Mittel aus diesen drei Beobachtungen sehr nahe den mittleren Luftdruck. Der mittlere Barometerstand entspricht auch nahe demjenigen, welcher um die Zeit des Mittags einzutreten pflegt.

Während man früher annahm, daß der mittlere Luftdruck in den verschiedenen Jahreszeiten sich gleichbleibe, haben neuere Beobachtungen dargethan, daß dieses keineswegs der Fall sei. Buch*) wies nach, daß sich zwischen den Wendekreisen der Luftdruck vermindere, sowie die Sonne dem Scheitelpunkte sich nähere, eine Bemerkung, zu deren Bestätigung Dove**) noch weitere Thatsachen beibrachte. In der nachfolgenden Tafel sind für eine Anzahl von Orten auf der nördlichen Halbkugel bis zu einer Breite von 30° die Barometerhöhen für die einzelnen Monate des Jahres zusammengestellt.

Monat	Havanna	Calcutta	Benares	Macao	Caire
Januar	339,23	338,93	334,87	340,42	337‴,97
Februar	6,97	6,40	3,76	40,01	fehlt
März	7,34	5,24	3,00	39,60	6,65
April	6,72	4,17	1,29	7,76	6,95
Mai	6,10	2,83	30,26	7,63	6,12
Juni	7,20	1,63	28,54	5,71	4,43
Juli	7,20	1,38	28,33	5,98	4,20
August	5,72	1,82	29,51	5,98	4,27
September	5,78	3,29	30,69	7,89	5,44
October	6,10	4,80	2,63	8,40	6,77
November	7,46	6,18	3,83	39,64	7,24
December	8,51	7,30	4,94	40,74	7,71

Kämtz***) bemerkt hierzu, wie offenbar an allen diesen auf der nördlichen Halbkugel gelegenen Orten der Luftdruck vom Januar bis zum Sommer klein werde, von da bis zum Winter aber wieder zunehme. In Calcutta, wo die Messungen einen Zeitraum von acht Jahren umfassen und wo also die zufälligen Störungen entfernt sind, beträgt dieser Unterschied mehr als 7 Linien. Ueberhaupt scheint derselbe in Indien größer zu sein als in America und mit der Entfernung vom Aequator abzunehmen. Die Vergleichung einiger Orte der höheren Breiten ergiebt Folgendes:

*) Pogg. Ann. Bd. XV. S. 355.

**) Vergl. außer den betr. Abhandlgn. in Pogg. Ann., namentlich Dove's Meteorologische Untersuchungen. Berlin 1837.

***) Vorles. üb. Meteor. S. 321.

Monat	Paris	Straßburg	Halle	Berlin	Petersburg
Januar	336,40	333,19	334‴,53	337,75	338,03
Februar	6,50	3,55	4,00	7,45	8,28
März	5,28	3,00	3,19	6,86	7,24
April	4,77	2,45	2,90	5,94	7,43
Mai	4,96	2,69	3,61	6,85	7,32
Juni	5,70	3,43	3,67	6,82	6,83
Juli	5,36	3,20	3,92	6,72	6,13
August	5,46	3,37	3,44	6,47	6,61
September	5,40	3,62	3,99	7,16	7,43
October	4,43	3,28	4,93	7,46	7,27
November	5,02	3,04	3,92	6,65	6,04
December	4,73	2,78	4,29	7,06	7,00

Auch in den höheren Breiten ist, wie man sieht, der Luftdruck im Sommer geringer als im Winter, aber es tritt hier eine doppelte Periode auf. Vom Winter nimmt der Luftdruck bis zur Zeit der Aequinoctien ab, darauf wird er im Sommer wieder etwas größer, ohne jedoch das Maximum des Winters zu erreichen. Es tritt darauf im Herbst, wie es scheint, ein zweites Minimum ein, auf welches abermaliges Steigen des Barometers folgt. Daß auch bei diesen periodischen Schwankungen des Barometerstandes ein störender Einfluß der Dampfatmosphäre auf den der trockenen Luft sich geltend mache, liegt sehr nahe, denn wenn schon die trockenen Tageszeiten in Bezug auf die Spannkraft des Dampfes sich verschieden verhalten, so ist dieses noch mehr bei den einzelnen Jahreszeiten der Fall. Höchst wahrscheinlich wird die trockene Luft nur Ein Minimum des Druckes im Sommer und Ein Maximum desselben im Winter haben; da aber die Dampfentwicklung im Sommer so ungleich größer ist als im Winter, so wird diese nicht nur den Veränderungen im Drucke der trockenen Luft im Sommer entgegen wirken, sondern sogar ein zweites Maximum und bei ihrem Nachlassen ein zweites Minimum zu erzeugen vermögen. Von großem Interesse ist es hiernach, auch für die monatlichen Barometerstände Beobachtungsreihen herzustellen, in denen der Einfluß der Dampfatmosphäre eliminirt ist und aus denen sich dann die Veränderungen des Druckes der Gasatmosphäre für sich ersehen lassen. Solche Beobachtungen enthält die folgende Tabelle. Sie giebt den Druck der trockenen Luft in Calcutta und Apenrade nach der Berechnung von Dove, in Halle nach den Bestimmungen von Kämtz, in Petersburg nach denen der Academie. Kämtz*) bemerkt, daß die Beobachtungen des Hygrometers am letztgenannten Orte nur ein Jahr, die des Barometers 13 Jahre umfassen und daß ebenso in Halle die Beobachtungen des Hygrometers während einer kürzeren Zeit angestellt sind als die des Barometers. Längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen des Dampfgehaltes der Atmosphäre würden um so gewisser zuverlässigeren Resultaten führen, als die einzelnen Jahre in Bezug auf die Dampfentwicklung ohne Zweifel größere Abweichungen darbieten, als hinsichtlich der Druckverhältnisse der Gasatmosphäre.

*) Vorles. üb. Meteor. S. 322.

Monat	Calcutta	Apenrade	Halle	Petersburg
Januar	332,80	334,65	332,68	336,52
Februar	31,12	5,53	31,98	6,88
März	28,69	3,49	30,91	5,30
April	26,93	3,11	30,20	5,15
Mai	22,15	2,37	30,09	5,17
Juni	21,52	1,78	29,14	3,62
Juli	21,32	0,46	28,81	1,90
Auguſt	21,78	0,49	28,68	2,83
September	23,57	1,18	29,59	4,50
October	25,93	0,27	31,54	4,84
November	31,06	1,59	31,39	4,71
December	32,01	2,35	31,85	5,80.

Es zeigt ſich, daß der Druck der trockenen Luft in der kälteren Jahreszeit am größten und in der wärmſten am kleinſten iſt und daß zwiſchen beiden Extremen das Fallen und Steigen des Barometers ziemlich regelmäßig geſchieht, daß alſo in der That nur Ein Maximum und Ein Minimum vorhanden iſt. Der Unterſchied der Extreme (die Jahresſchwankung) wird deſto kleiner, je weiter man ſich vom Aequator entfernt. Denn ſubtrahiren wir das Mittel der drei Sommermonate von dem der drei Wintermonate, ſo beträgt die Differenz in Calcutta 10‴,44, in Apenrade 3‴,28, in Halle 3‴,32, in Petersburg 3‴,26. Je geringer die Differenz in den höheren Breiten iſt, deſto leichter kann ſie durch den ſtörenden Einfluß der Dampfatmoſphäre verdeckt werden, deſto leichter kann durch deren Einfluß ein doppeltes Maximum und Minimum erzeugt werden. In den Gegenden zwiſchen den Wendekreiſen dagegen kann ſich wegen der größeren Differenz der Extreme der Einfluß der Dampfatmoſphäre weniger geltend machen, und ſo erklärt ſich, weshalb wir hier, wie wir geſehen, in der That nur Ein Maximum und Ein Minimum des Barometerſtandes finden. Kämtz*) macht darauf aufmerkſam, wie die Luftbewegung in der geſammten Atmoſphäre in ihrer geographiſchen Großartigkeit durch die erwähnten Beobachtungen zur Anſchauung kommt. Um die Zeit der Aequinoctien nämlich, wo die Temperatur auf der ganzen Erde nahe der mittleren jährlichen Wärme gleich iſt, werden wir allenthalben ſehr nahe den mittleren Druck der trockenen Luft antreffen. Geht jetzt die Sonne nach der einen, etwa nördlichen Halbkugel, ſo wird dieſe erwärmt, während die ſüdliche Halbkugel erkaltet. In Folge davon iſt ein Abfließen der Luft aus der nördlichen Halbkugel nach der ſüdlichen und ein Fortrücken der Paſſate nach Norden, mit andern Worten ein tieferer Barometerſtand in der Halbkugel, welche Sommer hat, höherer in derjenigen, welche Winter hat, ganz ſo wie es die Erfahrung beſtätigt. Je näher die Gegenden an der Grenze liegen, an welcher dieſer Austauſch erfolgt, deſto bedeutender wird ſich in ihnen dieſer Wechſel offenbaren und in Folge des Widerſtandes, welcher die Luftmaſſen bei ihrer Bewegung an den Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche finden, wird ſich dieſe Abnahme im Sommer und die Zunahme im Winter in den Gegenden, welche weiter von dieſer Grenze entfernt ſind, ſchwächer zeigen.

*) Vorleſungen üb. Meteor. S. 324.

Daher ist diese Differenz zwischen dem Druck der trockenen Luft im Sommer und Winter in höheren Breiten kleiner als am Aequator.

Die unregelmäßigen Veränderungen des Luftdruckes an einzelnen Beobachtungsorten, d. h. diejenigen, welche nicht eine wiederkehrende Periode zeigen, weil sie nicht auf eine periodisch wirkende Ursache (wie der Gang der Tages- und der Jahreswärme) sich zurückführen lassen, haben im Allgemeinen dieselben Ursachen wie die regelmäßigen Veränderungen in der Temperatur und in der Dampferzeugung, sowie die sich vielfach begegnenden Luftströmungen in der Atmosphäre. Die unregelmäßigen Schwankungen des Barometers sind im Allgemeinen desto größer an einem Orte, je weiter derselbe vom Aequator entfernt ist. Um vergleichbare Bestimmungen über die an den verschiedenen Orten vorkommenden Schwankungen zu erhalten, pflegte man früher aus mehrjährigen Beobachtungen den niedrigsten von dem höchsten beobachteten Barometerstande abzuziehen. Später bestimmte man den Unterschied des höchsten und niedrigsten Barometerstandes in den einzelnen Monaten. Auf diese Weise entdeckte man, daß die Oscillationen um so geringer ausfielen, je größer die mittlere Temperatur der Luft war. Will man sich gleich bleibendere Bestimmungen für die einzelnen Monate holen, so muß man aus mehrere Jahre lang fortgesetzten Beobachtungen aus den Differenzen, welche den einzelnen Monaten entsprechen, die arithmetischen Mittel nehmen. Man weiß dann, innerhalb welchen Grenzen in den einzelnen Monaten die Oscillationen des Barometers zu liegen pflegen. Nimmt man aus den Bestimmungen, die auf diese Art für alle zwölf Monate gefunden sind, das Mittel, so erhält man die mittleren Grenzen, zwischen denen der Stand des Barometers sich in einem Monate (im Allgemeinen) befindet. Diese Größe nennt Kämtz*) die mittlere monatliche Barometer-Oscillation. Da die wirklichen höchsten und niedrigsten Barometerstände nur dann aufgezeichnet werden könnten, wenn das Barometer unausgesetzt beobachtet würde, so könnte man derartige Bestimmungen nur erst dann auf eine vollkommen genügende Weise erhalten, wenn es gelänge, ein dem Standpunkte der Wissenschaft entsprechendes Maximum- und Minimum-Barometer herzustellen.

Wenn in Folge irgend einer localen Ursache über einer Gegend der Luftdruck zu gering ist, so muß nothwendig aus denjenigen Orten, über denen ein höherer Luftdruck herrscht, die Luft nach jener Gegend hin strömen, d. h. es müssen Winde wehen. Man hat deshalb in dem ungewöhnlichen Sinken des Barometers ein Anzeichen von Winden und Stürmen erkannt und hat für verschiedene Orte denjenigen Barometerstand zu bestimmen gesucht, welcher den Richtungen der Winde entspricht. Weiteres hierüber s. in dem Art. Wind.

Auf die durch Temperaturverschiedenheiten bedingten in Zusammenhang mit den Windesrichtungen stehenden unregelmäßigen täglichen Schwankungen sind sowohl die Jahreszeiten als auch die geographische Lage von Einfluß. Kämtz**) hat dies an folgender von ihm berechneten Tabelle nach, in welcher die Beobachtungen derselben Stunde von einem Tage zum andern genommen sind, so daß die

*) Vorlesungen üb Meteor. S. 326.
**) Ebendas. S. 337.

Tabelle die Differenz des Barometerstandes von Tag zu Tag in Par. Linien enthält. Die Angaben für Rio Janeiro (auf der südlichen Hemisphäre gelegen) sind so geschrieben, daß die für den Juli gefundenen unter Januar gestellt worden.

Monat	Santa Fe de Bogota	Calcutta	Bagdad	Rio Janeiro	St. Bernhard	St. Gotthard	Mafra	Genf	Mailand	Padua	Ofen	Rodelle	Hamburger Mittelzahlen	Januar Januar
Januar	0,249	0,362	1,018	0,951	1,253	1,360	1,81	1,867	1,296	1,828	1,831	2,126	3,370	3,10
Februar	0,244	0,364	1,083	0,845	1,254	1,267	1,45	1,722	1,672	1,680	1,648	2,038	2,647	2,71
März	0,222	0,453	1,400	1,131	1,300	1,220	1,44	1,690	1,576	1,758	1,815	2,045	2,238	3,13
April	0,212	0,431	0,662	0,763	1,058	1,067	1,43	1,215	1,608	1,363	1,416	1,216	2,396	2,16
Mai	0,244	0,495	0,518	0,828	0,792	0,818	0,90	1,027	0,929	1,000	1,044	1,220	1,693	1,68
Juni	0,164	0,626	0,617	0,670	0,836	0,767	0,63	0,835	1,001	0,922	0,935	1,050	1,270	1,30
Juli	0,190	0,406	0,570	0,608	0,806	0,794	0,62	0,880	0,690	0,963	0,849	1,114	1,176	1,38
August	0,142	0,447	0,457	0,469	0,730	0,723	0,74	0,828	0,932	0,772	0,835	1,275	1,363	2,06
September	0,222	0,472	0,516	0,578	0,930	0,897	0,74	1,038	1,293	1,096	1,057	1,499	1,725	2,38
October	0,181	0,422	0,584	0,647	1,035	0,938	0,94	1,230	1,678	1,208	1,449	1,653	2,056	2,11
November	0,217	0,243	0,741	0,747	0,945	1,087	1,27	1,278	1,238	1,427	1,315	1,689	2,592	2,98
December	0,286	0,249	0,712	0,736	1,254	1,294	1,76	1,530	1,519	1,501	1,430	1,365	3,062	3,19
Jahr	0,214	0,414	0,740	0,748	1,000	1,017	1,144	1,262	1,286	1,293	1,300	1,524	2,174	2,2

Die Schwankungen sind überall im Sommer viel kleiner als im Winter. Nur die einjährigen Beobachtungen in Calcutta geben abweichende Resultate, wahrscheinlich in Folge der Aufregung, welche zur Zeit der S. W. Moussons in der Atmosphäre in diesen Gegenden herrscht. Vergleicht man mit den Angaben der obigen Tabelle die entsprechenden Temperaturdifferenzen von Tag zu Tag, so zeigt sich, daß auch diese in den Sommermonaten viel kleiner ausfallen, als in den Wintermonaten. Es zeigt sich auch, daß in der Nähe des Aequators die Schwankungen viel geringer sind als in höheren Breiten, indem dort auch die Temperaturschwankungen kleiner sind als hier. Die Angaben für den St. Bernhard und St. Gotthard zeigen endlich, daß bei gleicher geographischer Lage die Schwankungen desto kleiner sind, je höher der Beobachtungsort liegt, und es ist gewiß, daß auch die Temperaturschwankungen immer kleiner werden, je höher man sich in der Atmosphäre erhebt. Bei näherer Vergleichung findet man, daß jene Schwankungen sich nahe verhalten wie die mittleren Barometerstände.

Wenn man in einer längeren Reihe von Beobachtungen den Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Barometerstande eines jeden Monates aufsucht, so erkennt man nächst dem Einflusse der Jahreszeiten, namentlich auch die klimatischen Einflüsse. Solche Angaben der mittleren monatlichen Oscillationen für eine Reihe von Orten hat Kämtz*) in folgender Tabelle zusammengestellt und damit die Angaben für Winter und Sommer verbunden.

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 339.

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Batavia	6° 12′ S.	106° 54′ O.	1,32	1,24	1,20
Iroli, St. Domingo	18 35 N.	70 0 W.	1,82	2,20	1,47
Seringapatam	12 45 N.	76 51 O.	2,45	2,27	2,23
Havanna	23 9 N.	82 23 W.	2,83	4,27	1,70
Calcutta	22 34 N.	88 29 O.	3,67	3,02	4,01
Teneriffa	28 20 N.	16 16 W.	3,76	5,63	2,00
Isle de France	20 9 S.	57 30 O.	3,82	3,10	3,50
Aleppo	36 11 N.	36 50 O.	4,03	6,30	2,47
Cairo	30 2 N.	31 19 O.	4,10	5,73	2,10
Funchal Madera	22 37 N.	16 56 W.	4,62	6,20	2,76
Bagdad	33 20 N.	44 25 O.	4,63	6,13	3,81
Carlstadt	33 55 S.	18 24 O.	5,52	6,68	4,34
New-Harmony, Indiana	38 11 N.	87 55 W.	7,27	10,15	3,94
Peking	39 45 N.	116 28 O.	7,38	7,50	5,13
Paramatta, N.S. Wales	33 49 N.	151 1 O.	7,50	7,70	6,97
Lausanne	46 31 N.	6 45 O.	7,57	9,40	5,37
Bermuda	32 15 N.	60 W.	7,58	9,07	6,99
Rom	41 53 N.	12 28 O.	7,60	10,16	4,40
Marseille	43 18 N.	5 22 O.	7,84	10,23	7,73
St. Gotthard	46 0 N.	8 35 O.	7,96	10,09	5,80
Montpellier	43 36 N.	3 53 O.	7,99	10,23	5,70
Turin	45 4 N.	7 35 O.	8,02	10,01	5,43
Mantua	45 10 N.	10 48 O.	8,04	10,90	6,27
Mohilew	57 0 N.	78 50 O.	8,42	9,50	5,76
Wien	47 19 N.	5 2 O.	8,48	11,30	5,07
Holland	25 28 N.	9 12 O.	8,53	11,04	5,48
Ulm	47 30 N.	19 3 O.	8,83	11,37	5,80
Augsburg	48 22 N.	10 54 O.	9,01	11,23	6,29
Bern	48 13 N.	16 23 O.	9,10	11,87	5,77
Mülhausen, Elsaß	47 49 N.	7 10 O.	9,15	12,30	5,77
München	48 8 N.	10 34 O.	9,19	12,08	6,18
Linz	49 7 N.	6 10 O.	9,22	11,63	6,20
Prag	50 5 N.	14 25 O.	9,55	12,11	6,50
Regensburg	49 1 N.	9 O.	9,60	12,25	6,64
Orleaux	44 50 N.	0 34 W.	9,61	13,00	6,23
Smyrna	50 5 N.	45 24 O.	9,69	12,07	7,18
Straßburg	48 35 N.	7 45 O.	9,72	12,57	6,42
Nantes	47 13 N.	1 33 W.	10,16	12,77	6,80
Neustadt	50 50 N.	10 57 O.	10,20	12,33	7,24
Breslau	51 7 N.	17 2 O.	10,26	12,93	6,77
Rochelle	46 9 N.	1 10 W.	10,27	14,07	7,00
Paris	48 50 N.	2 20 O.	10,49	13,50	7,61
Mannheim	48 29 N.	8 28 O.	10,49	13,77	7,29
Neiße	50 46 N.	37 33 O.	10,66	13,88	6,91
Pitha	57 3 N.	138 0 W.	10,86	11,45	7,62
Sagan	51 42 N.	15 22 O.	10,89	13,93	7,35
Fort Churchill	58 47 N.	94 4 W.	10,09	13,62	8,33
Berlin	52 31 N.	13 22 O.	11,19	14,66	7,68
Hamburg	53 33 N.	9 59 O.	11,25	14,27	7,63
New-Haven, Connecticut	41 10 N.	72 30 O.	11,21	14,71	6,41
Penzance	50 12 N.	5 32 W.	11,27	14,77	8,28
Brüssel	52 31 N.	4 22 O.	11,37	14,47	8,38
Cambridge, Massachusets	42 23 N.	72 17 W.	11,37	14,34	7,61
New-Bedford, Massachusets	41 39 N.	71 50 W.	11,37	14,83	7,32
Göttingen	51 32 N.	9 55 O.	11,41	14,19	7,78

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Jakutzk	62° 2′ N.	129° 42′ O.	11,49	11,40	9,04
Tomsk	59 39 N.	83 10 O.	11,53	14,00	7,83
Catharinenburg . . .	56 50 N.	60 35 O.	11,82	15,43	8,73
Briſtol	51 27 N.	2 35 W.	11,86	15,13	8,83
Haag	52 5 N.	4 19 O.	11,95	15,47	8,13
Copenhagen	55 41 N.	12 34 O.	12,31	15,29	8,88
London	51 31 N.	0	12,36	15,59	9,01
Franecker	52 36 N.	4 19 O.	12,38	15,14	9,87
Gosport	50 48 N.	1 6 W.	12,72	15,41	9,37
Middelburg	51 30 N.	3 37 O.	12,85	17,04	8,88
Iluluk, Unalaſchka . .	53 53 N.	168 29 W.	12,85	15,46	8,53
Petersburg	59 56 N.	30 19 O.	12,96	16,37	8,88
Torneä	65 51 N.	24 10 O.	13,19	17,03	9,58
Stockholm	59 21 N.	18 3 O.	13,24	16,83	9,88
Åbo	60 27 N.	22 20 O.	13,28	16,49	8,7
Upſala	59 52 N.	17 39 O.	13,37	16,35	9,58
Bergen	60 24 N.	5 21 O.	13,86	16,46	10,0
Nain, Labrador . . .	57 8 N.	61 20 W.	14,34	18,00	10,0
Umeo	63 50 N.	20 15 O.	14,36	17,51	9,7
Chriſtiania	59 55 N.	10 49 O.	14,65	18,56	9,7
Näs, Island	64 30 N.	20 15 W.	15,92	. . .	. .

Die unregelmäßigen Aenderungen des Luftdruckes werden, wie man fi
desto bedeutender, je weiter man ſich von dem Aequator entfernt. Ueberdies f
ſich ein Einfluß der geographiſchen Länge. Obſchon Hindoſtan mit den weſtl
ſchen Inſeln in nahe gleicher Breite liegt, ſo ſind dort die Schwankungen bedeu
größer. In höheren Breiten dagegen zeigt ſich ein anderes Verhältniß. Es
nämlich dieſe unregelmäßigen Bewegungen im Luftdrucke an der Oſtküſte Ameri
weit größer als an der Weſtküſte Europa's, und zwar ſcheint die Differenz dieſer
hältniſſe etwa in der Gegend am größten zu ſein, wo ſich der Golfſtrom nach O
wendet und wo die Iſothermen ſehr gedrängt an einander liegen. So ſind
Schwankungen im Staate Maſſachuſets (42° N.), etwa eben ſo groß als in e
10° nörlicher liegenden Gegend des weſtlichen Europa's; aber beim Ueberga
nach dem Innern des alten Continentes nehmen die Schwankungen immer mehr
und ſcheinen dann wieder gegen die Oſtküſte Aſiens zu wachſen. So ſind
Schwankungen in Göttingen (51° 32′ N., 9° 55′ O.), Tomsk (59° 39′ N.,
10′ O.) und Irkutzk (62° 2′ N., 129° 42′ O.) ſehr nahe gleich. An der W
küſte America's ſcheint dieſe Größe bei einerlei Breite ungefähr ebenſo groß al
weſtlichen Europa zu ſein, wie die Meſſungen in Sitcha und Iluluk beweiſen.
gegen im Innern America's etwas kleiner als an beiden Küſten. (Kämtz.) W
man auf einer Karte die Orte verbindet, von denen dieſes Element (die mit
monatliche Oscillation) dieſelbe Größe hat, ſo bekommt man ziemlich regelmä
Linien, welche Kämtz iſobarometriſche Linien genannt hat. So iſt
die iſobarometriſche Linie von 2‴ diejenige Curve, welche alle diejenigen Orte
bindet, an denen der mittlere Unterſchied zwiſchen den monatlichen Barometerm
men 2‴ beträgt.

Leiten wir aus den vorhandenen Größen die Breiten her, in denen die
barometriſchen Linien von 2,4.... Pariſer-Linien die verſchiedenen Meri
durchſchneiden, ſo ergiebt ſich folgende Tafel:

Isobarometrische Linien von	Oestliches America	Westliches Europa	Deutschland und Italien	Rußland	Hindostan und Sibirien
2‴	15° 33′	15° 9′	21° 15′	23° 36′	.....
4	23 55	26 17	29 38	31 51	23° 36′
6	30 27	34 4	36 43	39 2	35 29
8	36 14	42 14	43 18	45 51	46 34
10	41 40	47 8	49 48	52 43	57 55
12	46 58	51 4	56 34	60 5	72 23
14	52 21	57 47	64 6	68 50	.....
16	58 1	65 22	73 48	83 38	.....

Drücken wir diese Zahlengrößen in Worten aus, so ergeben sich folgende Sätze:

1) Die Oscillationen des Barometers am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß der Einfluß der regelmäßigen Bewegungen während des Tages und Jahres entfernt würde, so fänden wir vielleicht kaum die Größe von einer Linie. Im indischen Meere jedoch sind sie etwa doppelt so groß als bei gleicher Breite in anderen Gegenden, eine Folge von der großen Aufregung, welche sich daselbst beim Wechsel der Moussons in der Atmosphäre zeigt.

2) Die isobarometrische Linie von 2‴ schneidet Nordamerica in der Hudsonsbai, geht von hier ziemlich genau nach Osten, erreicht Africa nördlich vom Grünen Vorgebirge, hebt sich dann nach Norden, geht in der Nähe von Assuan in Aegypten fort, senkt sich später nach Süden gegen den Aequator, welchen sie etwas westlich von dem Meridian erreicht, welcher durch die Südspitze von Hindostan geht, und wendet sich nun in der südlichen Halbkugel wieder gegen Westen.

3) Die isobarometrische Linie von 4‴ schneidet die Ostküste America's östlich von Zacatecas, hebt sich von hier nach Norden, erreicht die Westküste Africa's zwischen dem Cap Bojador und den canarischen Inseln, geht durch den nördlichen Theil von Fezzan, das Delta des Nils, zwischen Bagdad und Bassora hindurch, senkt sich dann stark nach Süden und geht in der Nähe von Calcutta vorbei.

4) Die isobarometrische Linie von 6‴ berührt den nördlichen Theil des mexikanischen Meerbusens, erreicht das alte Festland im nördlichen Theile von Fez, geht durch Sicilien, erreicht in der Nähe des caspischen Meeres ihren nördlichen Scheitel und senkt sich weiter östlich nach Süden.

5) Die isobarometrische Linie von 8‴ geht durch den südlichen Theil der Chesapeake-Bai, hebt sich schnell gegen Norden, läuft durch den nördlichen Theil der pyrenäischen Halbinsel, und dieses Aufsteigen nach Norden scheint bis ins Innere Asiens fortzudauern.

6) Die isobarometrische Linie von 10‴ schneidet die Ostküste America's in der Nähe von Boston, die Westküste Europa's nördlich von der Mündung der Loire, geht von hier immer weiter nördlich und erreicht ihren höchsten nördlichen Scheitel in der Nähe von Krasnojarsk in Sibirien, worauf sie sich weiter nach Süden wendet.

7) Die isobarometrische Linie von 12‴ schneidet die Ostküste America's in Neu-Braunschweig, erreicht die Westküste von Europa in der Nähe von London,

geht durch den südlichen Theil von Schweden zwischen Nowgorod und Petersbur hindurch, und scheint beim heiligen Vorgebirge (C. Taimura) die Küste des sibiri schen Eismeeres zu erreichen. Im Innnern von America läuft diese Linie mehre Grade nördlich vom Fort Churchill fort, senkt sich bei ihrem weitern Verlaufe na Westen gegen Süden und scheint mehrere Grade nördlich von Sitcha fortzulaufe indem hier die beobachtete Größe noch nicht 11‴ beträgt, dann aber senkt sie si schneller nach Südwesten und läuft südlich von Unalaschka fort, wo diese Größe na 13‴ erreicht.

8) Die isobarometrische Linie von 14‴ geht durch den südlichen Theil v Labrador, den nördlichen Theil von Schottland, das südliche Norwegen, läuft nör lich von Malo fort und bewegt sich von hier schnell nach Norden.

9) Fehlen gleich umfassende Messungen in höheren Breiten, so zeigen d die wenigen vorhandenen Größen und der Verlauf der isobarometrischen Linie daß wir auch hier ebenso wie bei den Isothermen zwei in sich zurücklaufende S steme von Linien haben. Aber die Mittelpunkte dieser beiden Systeme, gleichf die Pole der unregelmäßigen Bewegungen des Barometers, entsprechen nicht u die Kältepole den beiden großen Continenten, sondern den beiden zwischenliegend Meeren.

10) Im südlichen Africa und Neuholland ist die Größe dieser Schwankung ungefähr so groß als im westlichen Europa, aber die isobarometrischen Linien sch nen sich bei ihrer Bewegung vom Vorgebirge der guten Hoffnung nach Neu-H land dem Aequator zu nähern, eine Folge von der schon mehrfach erwähnten gro Aufregung der Atmosphäre im indischen Meere*).

Die regelmäßige Verminderung des Luftdruckes bei der Erhebung in die A mosphäre wird zur Höhenmessung (s. d. Art.) benutzt und das Barometer daher ein sehr wichtiges Meßinstrument. Bei diesen Messungen bestimmt man Erhebung eines Ortes über dem Meeresspiegel; und um die Messung mit d Barometer vollziehen zu können, muß man daher genau den Stand des Bar ters, d. h. den Luftdruck am Meeresspiegel kennen. Lange Zeit nahm man daß überall der Druck der Atmosphäre auf den Spiegel des Meeres im Mi d. h. abgesehen von den regelmäßigen und unregelmäßigen Schwankungen, der sei. Die Erfahrung hat jedoch bewiesen, daß dieses keineswegs der Fall sei. A den Untersuchungen von Kämtz**), Schouw***), Erman†), Herschel Muncke††) und Poggendorf†) haben sich (nach Kämtz) folgende Re tate der Beobachtung herausgestellt:

1) Im Allgemeinen können wir annehmen, der mittlere Barometerstand trage am Meere 337‴,5.

---

*) Kämtz, Vorles. üb. Meteorol. S. 342—344.

**) Lehrb. der Meteor. Bd. II. S. 290.

***) Comptes rendus de l'Acad. des scienc. T. II. p. 573. Pogg. Ann. Bd. XI S. 395.

†) Beobachtungen der Größe des Luftdruckes über dem Meere und von einer sehr stimmten Beziehung dieses Phänomens zu den geogr. Coordinaten der Orte. Pogg. A Bd. XXIII. S. 121. — Schumacher's Jahrb. für 1840. Vergl. Schouw, über Gegenstände. Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 406—435.

††) Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 251.

†††) Gehler, N. A. Bd. VI. S. 1907.

†) Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 468. Bd. XLII. S. 479.

2) Am Aequator ist diese Größe etwas kleiner, indem sie etwa 336‴ oder nur wenig mehr beträgt.

3) In einer Breite von etwa 10° fängt der Luftdruck an allmälig zu steigen und erreicht in einer Breite von 30 bis 40 Grad seinen größten Werth, indem er hier etwa 338 bis 339‴ beträgt.

4) Er nimmt nun wieder ab und beträgt in der Breite von 50° nur etwa 337, in der Breite von 60° etwa 336 Linien und scheint im hohen Norden nach den wenigen vorhandenen Messungen nur etwa 335 Linien zu betragen.

Bei seinen Untersuchungen über den mittleren Luftdruck am Niveau des Meeres hat Poggendorff darauf aufmerksam gemacht, wie nothwendig es sei, bei Barometerbeobachtungen, welche zu vergleichenden Bestimmungen für verschiedene Breiten dienen sollen, eine Schwere-Correction anzubringen. In den verschiedenen Breiten ist bekanntlich das absolute Gewicht eines Körpers verschieden und also auch das des Queckſilbers. Die Länge einer Queckſilbersäule an verschiedenen Orten ist nur nur dann dem von dieser Säule ausgeübten (oder dem ihr das Gleichgewicht haltenden) Drucke proportional oder ein Maß derselben, wenn das Queckſilber (constante Temperatur desselben vorausgesetzt) immer in gleicher Weise von der Schwerkraft afficirt wird. Die Correction hat also den Zweck, die Längen der bei ungleicher Schwerkraft beobachteten Queckſilbersäulen auf diejenigen zurückzuführen, welche stattfinden würden, wenn die Schwerkraft überall dieselbe wäre. Drückte die etwas weniger als ein Milliontheil der Erdmasse betragende Atmosphäre überall gleich stark auf ihre flüssige Grundlage den Meeresspiegel, so würde wegen der Abnahme der Schwere von dem Pole nach dem Aequator hin, das Product aus der Pendellänge in den Barometerstand für alle Breiten dasselbe sein. Bezeichnet man unter der Breite φ die Pendellänge mit l, den Barometerstand, unter der Voraussetzung, überall gleichen Druckes, mit b, so wird, wenn nach Schmidt *)

$= l_0 (1 + 0{,}0052005 \sin^2 \varphi)$ ist, dann $b = b_0 \left(\frac{1}{1 + 0{,}0052005 \sin^2 \varphi}\right)$

werden. Wäre empirisch der mittlere Druck p der Atmosphäre bekannt, so würde, wenn dieser unter der Breite φ, stattfände, der unter irgend einer anderen Breite $\varphi_{,,}$ unter der Voraussetzung überall gleichen Druckes, zu erwartende Barometerstand durch folgende Gleichung gegeben: $b_{,,} = p \left(\frac{1 + 0{,}0052005 \sin^2 \varphi_{,}}{1 + 0{,}0052005 \sin^2 \varphi_{,,}}\right)$. Verglichen man den so berechneten Werth mit dem wirklich beobachteten, so würde man aus dem Unterschiede beider unmittelbar erfahren, ob der atmosphärische Druck an jenem Orte den normalen überträfe oder hinter ihm zurückbliebe. Obgleich wir nun den mittleren Druck der Atmosphäre nicht genau kennen, so läßt sich doch aus den bisherigen Beobachtungen entnehmen, daß der unter der Breite von 45° zu erwartende normale, zwischen 334‴ und 338‴ fallen wird. Dann würde der unter jeder andern Breite stattfindende sein: $b = b_{45} (1 - 0{,}0025935 \cos^2 \varphi)$. Die folgende Tafel enthält die unter dieser Voraussetzung von Poggendorff berechneten Werthe.

*) Mathemat. Geographie. S. 381

Schwere-Correction

unter 45° subtractiv, über 45° additiv.

Breite	Barometerstand 338‴	Barometerstand 334‴	Breite	Breite	Barometerstand 338‴	Barometerstand 334‴	Breite
— 0	0,874	0,864	90	— 23	0,608	0,601	67
— 1	0,873	0,863	89	— 24	0,586	0,579	66
— 2	0,872	0,862	88	— 25	0,563	0,556	65
— 3	0,870	0,859	87	— 26	0,539	0,532	64
— 4	0,866	0,856	86	— 27	0,514	0,508	63
— 5	0,861	0,851	85	— 28	0,489	0,484	62
— 6	0,855	0,845	84	— 29	0,464	0,459	61
— 7	0,848	0,838	83	— 30	0,438	0,433	60
— 8	0,840	0,830	82	— 31	0,411	0,406	59
— 9	0,832	0,822	81	— 32	0,384	0,379	58
— 10	0,822	0,812	80	— 33	0,356	0,352	57
— 11	0,811	0,801	79	— 34	0,328	0,325	56
— 12	0,799	0,789	78	— 35	0,300	0,296	55
— 13	0,786	0,777	77	— 36	0,271	0,267	54
— 14	0,772	0,763	76	— 37	0,242	0,239	53
— 15	0,757	0,749	75	— 38	0,212	0,210	52
— 16	0,741	0,733	74	— 39	0,182	0,181	51
— 17	0,725	0,716	73	— 40	0,152	0,150	50
— 18	0,708	0,699	72	— 41	0,122	0,121	49
— 19	0,690	0,682	71	— 42	0,092	0,090	48
— 20	0,670	0,662	70	— 43	0,062	0,060	47
— 21	0,650	0,642	69	— 44	0,031	0,030	46
— 22	0,629	0,622	68	— 45	0,000	0,000	45

Da der Unterschied zwischen jenen beiden Annahmen höchstens 0‴,01 beträgt, eine Größe, bis zu welcher die mittlere Barometerhöhe keines Ortes mit Sicherheit verbürgt werden kann, so kann man sich dieser Tafel bei der Vergleichung des wirklich beobachteten barometrischen Mittel mit der so berechneten bedienen, d. h. an jedes beobachtete Mittel die in der Tafel gegebene entsprechende Verbesserung anbringen *).

Schouw giebt folgende Bestimmungen über die Vertheilung des atmosphärischen Druckes auf der Oberfläche des Meeres aller Zonen.

Zwischen 0° und 15° Breite 337‴ bis 338‴
" 15° " 30° " 338‴ " 339‴
" 30° " 45° " 339‴ " 337‴,5
" 45° " Polarkreis 337‴,5 " 333‴.

Die zuverlässigsten Beobachtungen über die mittleren Barometerstände hat Schouw in der folgenden Tafel zusammengestellt. Es bezeichnet in derselben u. ? eine Unsicherheit in Beziehung auf die Correction wegen der Höhe, t. ? eine Unsicherheit in Bezug auf die Correction wegen der Temperatur. Hinzugefügt sind noch unter corr. die von Poggendorff in Bezug auf die Schwere in der angegebenen Weise corrigirten Barometerstände, so also, daß die Schwere unter 45° als die normale angenommen ist.

*) Dove's Repert. Bd. IV. S. 232.

	Breite	Barometer	corr.		Beobachter	Zeit
Spitzbergen	75½	335,47	336,23	t. ?	Scoresby	6—12 J.
Melville Insel	74½	335,61	336,35	t. ?	Parry	1 =
Upernawik	73	334,77	335,49	t. ?	Cortsen	11 M.
Godthavn	68	334,03	334,76		Fasting	20 =
Evasford		334,35			Graaf	10 =
	66	334,06	334,64		Scheel	2 J.
Godthaab	64	331,23		t. h.?	Ginge	6 M.
		332,32		h.?	Wormskiold	6 =
		333,33	333,86		Mühlenpfort	5 J.
Reikiawig	—	333,36	333,89		Thornstensen	12 =
Frederikshaab,	62	331,80			Pingel	7 M.
Bergen	60	335,58	336,02		Bohr	4 =
Hardanger	—	335,55	335,99		Herzberg	9 =
Christiania	—	336,30	336,74		Esmark	7 =
—	—	335,91			Hansteen	18 =
Petersburg	—	336,89		t. ?	Euler	20 J.
Stockholm	59½	335,65			Astr.	5 =
Upsalberg	—	336,16		h. ?	Wilse	2 =
Sucha	57	334,90			Tschistjakoff	10 M.
Edinburgh	56	336,09			Playfair	6 J.
Canaan Cottage	—	336,75			Adie	5 =
Kelton House	—	336,13	336,46		Forbes	3 =
Inverade	55	336,72	337,22		Reuber	5 =
Königsberg	54½	336,95			Astr.	2 =
	—	337,12	337,41		Sommer	8 =
Berwick	—	337,33		t. h.?	Dalton	5 =
Danzig	—	336,95	337,24		Strehlke	2 =
Kendal	—	336,67		t. h.?	Dalton	5 =
Manchester	53½	337,82		h. ?	Dalton	25 =
Altona	—	337,09	337,35		Schumacher	6 =
Petersvaulshafen	52½	334,06			Stanitzki	1 =
Brest	52	336,71			v. Swinden	2 =
London	51½	337,33	337,53		Roy. Soc.	7 =
Middelburg	—	336,60			v. der Perre	3 =
Paris	49	337,53	337,65		Bouvard	11 =
Rochelle	46	338,10			Fleur. Bellv.	4 =
Padua	45	337,87	337,87		Astr.	15 =
Bologna	44½	337,87	337,85		Caturegli	5 =
Avignon	44	337,80	337,75		Guérin	10 =
Pavia	—	336,50		h. ?	Risso	20 =
Marseille	43½	337,27			Silvabella	10 =
Florenz	—	337,76	337,71		Inghirami	9 =
Neapel	41	337,94	337,82		Brioschi	7 =
Cagliari	39	337,03			Marmora	3 =
Palermo	38	338,21	338,00		Cacciatore	35 =
Malta	36	336,79			d'Angos	468 B.
Tripolis	33	330,19	339,83	h. ?	Denham	5 M.
Madeira	32½	339,20	338,83		Heineken	2 J.
—		342,66			Sabine	4 B.
Faro	30	336,41		h. ?	Coutelle	1 J.
Cumeriffa	28	338,77	338,28		Escolar	3 =
Gran Canaria	—	339,09			v. Buch	20 T.
Racao	23	338,23	337,62		Richenet	1 J.
Havanna	—	336,99		h. ?	Ferrer	3 =
St. Thomas	19	337,13	336,44		Hornbeck	1 =
Guayra	10	336,98	336,16		Bousfingault	12 T.

	Breite	Barometer	corr.		Beobachter	Zeit
Cumana	—	336,28			v. Humboldt	
Christiansburg	5½	336,95	336,09		Trentepohl	22 M.
Timor	—10	336,23			Freycinet	
Peru	—11	337,35			Pentland	
Isle de France	—20	338,92			Freycinet	20 T.
Rio Janeiro	—23	338,69	338,08		Eschwege	3 M.
		339,95			Freycinet	1 „
		337,59		h.?	Dorta	1 J.
Cap	—33	338,24	337,88	h.?	Puhlmann	9 „
Port Famine	53½	331,73			King	7 M.

Mit diesen Angaben können noch folgende Barometerstände in Par. Linien unreducirt, verglichen werden.

Ort	Breite	Höhe üb. d. Meeresfp.	Temperatur	Mittler Barometerst.	Zeit der Beobachtung	Beobachter
Kaafjord bei Alten in Finnmarken	69° 55′	0	0°	335‴,200	2¼ J.	Ihle*)
Petersburg	59° 56′	2te Et. des Acad. Geb.	0°	336,108	13 J. (1822—34)	Wischnewsky**)
Braunsberg in Preußen	54° 22′	70′	0°	335,831	1 J. (1836)	Feldt***)
Brüssel	50° 51′	?	0°	335,234	7 J. (1833—39)	Quetelet†)
Plymouth	50° 22′	75 n. F.	0°	335,424	3 J.	
Karlsruhe	49° 0′	358′	10° R.	334,026		Eisenlohr††)
St. Johns in New-Fundland	47° 34′	0	?	336,720	5 J.	Templeman†)
Cambridge in Massachusets	42° 22′	31′	55° F.	337,644	22 J.	Farrar†)
New-York	40° 42′	0	69° F.	338,652	7 J. (1833—39)	Redfield†)

Auffallend ist, daß, während der Luftdruck von etwa 40° bis zu 64° sin von 66° bis zu 75½° ein abermaliges Steigen desselben statt zu finden scheint.

Zur Erklärung der merkwürdigen Vertheilung des atmosphärischen Luftdruckes läßt sich Folgendes bemerken. Ueber dem Aequator steigen fortwährend Ströme von erwärmter und also verdünnter Luft empor, die Atmosphäre erhöht sich und fließt seitwärts nach den Polen zu ab. Hier ist also natürlich der Luftdruck geringer, und wenn schon in Folge der Verdünnung der Luft unterwärts die kältere und dichtere Luft von den Seiten hereinströmt, so vermag doch diese, weil sie selbst sich beim Herbeiströmen wieder erwärmt und ausgedehnt wird, nicht den Luftdruck zu erhöhen, daß nicht das Barometer in den Aequatoreal-Gegenden einen etwas höheren Stand als in einem gewissen Abstande davon haben sollte. In ein

*) Pogg. Ann. Bd. LVIII. S. 337.
**) Pogg. Ann. Bd. XXIII. S. 109. und Bd. XXX. S. 324, 327.
***) Pogg. Ann. Bd. XLI. S. 539.
†) Dove, Repert. Bd. IV. S. 240. Die in Holland erhaltenen barometrischen [illegible] sind ausführlich berechnet worden von Wenckebach, Natuur en Scheikundig Archief. T. p. 331.
††) Pogg. Ann. Bd. XLI. S. 546, 548, 551.

Breite von etwa 30 Grad erreicht der Barometerstand sein Maximum, der obere S. W. Passat (die von dem Aequator abfließende Luft) und der untere N. O. Passat (die zum Aequator hinströmende Luft), von denen der eine sich zu senken strebt, während der andere sich zu heben sucht, begegnen sich hier, es entsteht eine Anhäufung der Luft und diese macht sich durch Vermehrung des Druckes der Atmosphäre merkbar. Die Abnahme des Luftdruckes in noch höheren Breiten rührt wohl ohne Zweifel von dem Umstande her, daß hier die Dampfentwicklung und der Druck der Dampfatmosphäre ein so ungleich geringerer ist als in den Gegenden in der Nähe des Aequators. Hätten wir nur eine trockene Gasatmosphäre, so würde in dieser der Druck vom Aequator bis zu den Polen gleichmäßig zunehmen. Der Barometerstand ist überall ein Gesammtproduct, sowohl der Gasatmosphäre als der Dampfatmosphäre. Während nun diese zur Erhöhung des Barometerstandes in den warmen Gegenden sehr bedeutend beiträgt, so verliert sich ihr Einfluß fast ganz in den kalten Gegenden nach den Polen hin. Man kann sich hierbei auf folgende von Kämtz angegebenen Zahlbestimmungen stützen. Der Druck des Dampfes am Aequator kann ungefähr auf 11 Linien angenommen werden, in einer Breite von 15° etwa zu 6,5 Linien und in einer Breite von 70° zu etwa 2 Linien. Wenn man diese Größen von den in diesen Breiten beobachteten Barometerständen zu 336, 338,5 und 335 Linien subtrahirt, so stellen sich als Druck der Gasatmosphäre die Barometerstände von 325, 332, 333 Linien dar, also eine Zunahme des atmosphärischen Druckes von dem Aequator nach den Polen hin, wobei aber immer noch eine auffallende Verstärkung des Druckes an der Grenze der Passate sich geltend macht.

Poggendorff*) schätzt den mittleren Druck der Atmosphäre am Meeresspiegel im Allgemeinen zu 337,80 Par. Linien (reducirt auf 0 und auf die Schwere unter 45° Br.), welcher Druck derjenige sein würde, welcher unter 45° Breite beobachtet wird. Hiernach betrüge denn der atmosphärische Druck auf ein Quadratcentimeter 1036,07 Gramme, auf einen Par. Quadratzoll 16,2325 Pfd. engl. Bei allen Messungen, bei denen man den Druck der Atmosphäre zur Einheit annimmt, z. B. bei Bestimmung der Spannkraft der Wasserdämpfe, nimmt man jedoch die Größe dieses Druckes, der Bequemlichkeit wegen, in runden Zahlen ausgedrückt anders an, in Frankreich zu 760 Millimeter (336,905 Par. Lin.), in England zu 30 engl. Zoll (337,784 Par. Lin.), in Deutschland meistens zu 28 Zoll = 336 Par. Lin. Nach letzter Annahme beträgt der Druck auf ein Quadratcentimeter 1030,55 Gramme, auf einen Par. Quadratzoll 16,1461 preuß. Pfd.

Schon im J. 1806 machte der schwedische Hydrograph Schulten**) an der Ostsee die interessante Bemerkung, daß die Veränderungen im Wasserstande unverkennbar mit denen des Luftdruckes im Zusammenhange stehen und zwar so, daß wenn letzterer steigt, ersterer sinkt und umgekehrt. Der ungleiche Druck der Atmosphäre drückt, wie Schulten sagt, die Wasserfläche bald nieder, bald erhöht sie. Stellen wir uns eine weit ausgebreitete Wasserfläche vor, über welcher eine Luftmasse ruht, welche überall, wo sie die Wasserfläche berührt, mit demselben Gewicht auf dieser lastet, so muß die Wasserfläche vollkommen eben sein. Wird aber

*) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 544.

**) Konigl. Svenska Vet. Acad. Nya Handl. 1806. p. 97 f. Gilb. Ann. Bd. XXXVI. 314.

nun dieser Druck an einer einzelnen Stelle geringer, während ringsum der höhere Druck fortbesteht oder sogar sich vermehrt, so muß hierdurch nothwendig das Wasser aus seiner Gleichgewichtsstellung herausgebracht werden, es muß sich das Niveau desselben da erheben, wo der Druck verhältnißmäßig schwächer geworden ist und es muß da sinken, wo dieser Druck verhälnißmäßig größer geworden. Auf den Landseen hat man eine ähnliche Beobachtung plötzlichen Aufsteigens und Niedersinkens eines Theiles der Wasserfläche gemacht und bemerkt, daß diese Anschwellungen mit den Barometerveränderungen in Zusammenhang stehen. Am auffälligsten sind dieselben auf dem Genfersee, wo sie unter dem Namen seiches bekannt sind. Innerhalb 15 bis 20 Minuten steigt die Wasserfläche zuweilen um 3, 4 und selbst 5 Fuß. An Stellen, wo der See sich verengert, sind die Seiches am stärksten. Die Seiches werden von den Fischern als Vorzeichen von Wetterveränderungen betrachtet ebenso wie die Anschwellungen der Ostsee von der Küstenbewohnern und die Schwankungen des Barometers von aller Welt. Die Seiches sind offenbar im Kleinen was die Anschwellungen der Ostsee im Großen sind und locale Verhältnisse begünstigen dieselben, namentlich die beschränkten und dabei energischen Luftströmungen in Gebirgsgegenden und die Verengerungen des Wasserspiegels, denn es ist klar daß, wenn eine Wassermasse durch Veränderung des Luftdruckes in eine Enge hineingetrieben wird, hier das Wasser schneller und höher aufsteigen muß, als wenn sich die Wirkung auf eine ausgebreitetere Wasserfläche erstreckt. Baucher *) hat schon im Anfange dieses Jahrhunderts die richtige Erklärung der Seiches gegeben. Die Beobachtungen von Schulten haben neuerdings ihre Bestätigung gefunden durch Erfahrungen, welche Daussy **) im Hafen Lorient an der Westküste Frankreichs gemacht. Hundert und funfzig Bestimmungen des mittleren Meeresspiegels (Mittel aus zwei auf einander folgenden Fluthhöhen und dem dazwischen liegenden Ebbestande) mit den gleichzeitig beobachteten Barometerständen lieferten ihm folgende Beziehung zwischen beiden:

Barometerstand		Mittl. Meeresspiegel	
=	0m,7457	=	3m,597
=	0,7529	=	2,926
=	0,7565	=	2,854
=	0,7605	=	2,796
=	0,7652	=	2,257

Zu den regelmäßigen Schwankungen im Luftdrucke gehören auch diejenigen welche eine Folge der Anziehung des Mondes sind und deren Dasein durch die Beobachtungen eben so gewiß dargethan ist, als wir noch nicht im Stande sind dieselben zu bestimmen. Wenn das Meer durch die Anziehung des Mondes und der Sonne afficirt wird, so muß dieses auch mit der Atmosphäre der Fall sein. Es wird auch eine Ebbe und Fluth (s. d. Art.) der Atmosphäre geben, wie eine solche des Meeres giebt und sie wird dieselbe Regelmäßigkeit haben, wie die. Untersuchungen über diesen Gegenstand sind von Laplace ***), Schübler †)

*) Buelletin des sciences de la soc. philom. No. 96. — Gilb. Ann. Bd. XXI S. 339.

**) Ann. de chim. et de phys. T. LXII. p. 304. — Pogg. Ann. Bd. XXXX. S. 1

***) Ann. de chim. et de phys. T. XXIV. p. 281. Vergl. Pogg. Ann. Bd. XIII. S. 1

†) Schübler, Untersuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. Leipz. 1830. — Derſ. Bemerkungen über den Einfluß des M

Flauguergues*), Kreil**), Eisenlohr***) und Bouvard†) angestellt worden.

Aus mehr als zwanzigjährigen Beobachtungen zu Viviers, Straßburg, Karlsruhe und Paris hatten die drei letztgenannten gefunden, daß das Barometer am Tage des zweiten Octanten im synodischen Laufe des Mondes am niedrigsten, am Tage des letzten Viertels am höchsten stehe. Der Unterschied zwischen beiden Extremen sollte nach Flauguergues 1,44, nach Eisenlohr 1,38, nach Bouvard 1,025 Millimeter betragen. Bouvard fand auch, daß das Barometer im Perigäum des Mondes um 0,53 Millim. niedriger stehe als im Apogäum. Die neuesten Untersuchungen von Eisenlohr, gründlicher als alle früheren, lassen diese Resultate aber sehr unsicher erscheinen. In folgender Tabelle††) hat er die mittleren Barometerstände der acht Mondphasen vom ganzen Jahre in Millimetern über 750 für Paris, Straßburg und Karlsruhe nach seinen früheren und neuesten Bestimmungen zusammengestellt.

Phase	Paris	Straßburg	Karlsruhe
Neu-Mond	6,081	1,521	4,212
1. Oktant	5,696	1,231	4,369
Erstes Viertel	5,833	1,201	3,282
2. Oktant	5,833	0,634	2,590
Voll-Mond	5,995	1,642	3,363
3. Oktant	5,862	1,468	3,882
Letztes Viertel	6,239	1,694	4,717
4. Oktant	5,969	1,226	4,410
Mittel	5,941	1,249	3,855

Eisenlohr bemerkt zu dieser Tabelle: der höchste Barometerstand fällt in allen drei Städten auf das letzte Viertel, der tiefste aber in Paris schon auf den ersten, in Straßburg und Karlsruhe erst auf den zweiten Oktanten, auch tritt überall im vierten Oktanten ein Fallen des Barometers ein, welchem im Neumond oder

s auf die Witterung in Kastner's Archiv für Chemie und Meteorologie Bd. IV. S. 13. – Derſ. Ueber Gronau's Unterſuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Witterung. Ebendaſ. Bd. IV. S. 161. — Derſ. Reſultate 60jähr. Beobachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unſerer Atmoſphäre. Ebendaſ. Bd. V. S. 225. Vergl. Schweigger's Journ. Bd. LXX. Arago, Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde deutſch v. Remy. Bd. III. S. 55. (Annuaire p. 1833.)

*) Flauguergues, über den Einfluß des Mondes zur Verminderung des Luftdruckes auf die Erde; aus Bibl. univ. Avril 1829. p. 265; in Kastner's Archiv für die geſ. Naturlehre. Bd. XVII. S. 32, und in Pogg. Ann. Bd. XII. S. 308.

**) Aſtron. meteor. Jahrb. f. Prag. I. Jahrg. — Kreil, Verſuch den Einfluß des Mondes auf den atmoſph. Zuſtand unſerer Erde aus einigen Beobachtungen zu erkennen. Prag 1842.

***) Eiſenlohr, über den Einfluß des Mondes auf den Barometerſtand ꝛc. nach 27jähr. zu Straßburg angeſt. Beob. Pogg. Ann. Bd. XXV. S. 141. Ebendaſ. S. 309. Vergl. Eiſenlohr, Unterſuch. über das Klima ꝛc. v. Karlsruhe. Karlsruhe 1832. — Derſ. über den Einfluß des Mondes auf die Witterung in Pogg. Ann. Bd. XXX. S. 72. — Derſ. Unterſuch. über das Klima von Paris und die vom Monde bewirkte atmoſph. Ebbe und Fluth in Pogg. Ann. Bd. LX. S. 161.

†) Bouvard, Berechnung der vom Monde bewirkten atmoſph. Fluth; aus den Mém. de l'acad. roy. des Sc. T. VII. p. 267 in Pogg. Ann. Bd. XIII. S. 137.

††) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 188.

ersten Oktanten ein zweites kleineres Maximum folgt; ebenso wird das Steigen des Barometers in Paris und Straßburg im dritten Oktanten durch ein zweites kleineres Minimum unterbrochen. Im Allgemeinen läßt sich hieraus Folgendes entnehmen: 1) die Schwankungen des Barometers während des synodischen Umlaufs des Mondes sind zwar gering, aber immer merklich, und unter den vier Jahreszeiten hat der Sommer die geringsten Schwankungen. 2) Während der Zeit des abnehmenden Mondes steht das Barometer meistens über, und während des zunehmenden Mondes meistens unter dem Mittel; das Maximum des Barometerstandes fällt in das letzte Viertel, das Minimum aber tritt etwas vor oder nach dem ersten Viertel ein, und die Regelmäßigkeit der Ab- und Zunahme wird durch Schwankungen des Barometers unterbrochen, welche zur Zeit des Neumondes und wieder im dritten Oktanten eintreten. 3) Im Sommer rückt die Periode des hohen Barometerstandes näher zum Vollmond und die Periode des tiefen Barometerstandes näher zum Neumond. 4) Der Einfluß der Luniſtitien auf die Schwankungen des Barometers ist unmerklich.

Es scheint, daß die Extreme im Barometerstande während der Periode zwischen dem letzten und ersten Viertel, wo das Barometer fällt, am häufigsten vorkommen und ungefähr zur Zeit des tiefsten Barometerstandes ihr Maximum erreichen, daß sie aber, sobald das Barometer wieder anfängt zu steigen, bedeutend seltener werden. Die größte Anzahl der Extreme fällt auf das letzte Viertel, also auf die Zeit des höchsten Barometerstandes und die größte Anzahl des Extreme des Minimums auf das erste Viertel, mithin sogleich nach dem tiefsten Barometerstande, aber auch die Extreme im Maximum sind zu gleicher Zeit sehr häufig. In den einzelnen Jahreszeiten wie im ganzen Jahre zeigt die Ab- und Zunahme der Zahlen so wenig Regelmäßigkeit, daß man hieraus einen bestimmten Zusammenhang zwischen den Mondphasen und der Häufigkeit der Extreme im Barometerstande nicht zu erkennen vermag.

Man hat daran gedacht, daß die bekannten täglichen Schwankungen des Luftdruckes, wie wir sie früher besprochen, sich aus der Anziehung der Sonne und des Mondes erklären ließen. Dem widerspricht aber die offenbar mit den Tageszeiten zusammenhängende periodische Wiederkehr der Wendestunden. Wäre die Anziehung von Sonne und Mond die Ursache der Wendestunden, so müßten diese nicht von den Tageszeiten, sondern von der wechselnden Stellung von Sonne und Mond gegen die Erde (wie die Ebbe und Fluth des Meeres) sich abhängig zeigen. Schon Laplace hat nachgewiesen, daß die Ebbe und Fluth der Atmosphäre äußerst unmerklich sein müßten und wenn die Atmosphäre in merkliche Schwankungen unter dem Einfluß der beiden genannten Gestirne geräth, so kann dies nur eine secundäre Wirkung sein, hervorgebracht durch die regelmäßigen Schwankungen des Meeres. Wenn nämlich der Mond die Lufttheilchen anzieht und durch eine Hebung der Atmosphäre über ihr eigentliches Niveau (ihre Grenze) bewirkt, so wird zugleich ihre Anziehung durch die Erde, also ihre Schwere vermindert, welche ihren Druck und damit zugleich den Barometerstand bestimmt. Aus einer Reihe von 4752 Beobachtungen (in 8 Jahren zu Paris) berechnete Laplace, daß die Größe der Mondsfluth nicht mehr als 0,0556 Millimeter betrage, und das Maximum des Abends am Tage der Syzygien auf 3 h. 20′ falle. Laplace selbst aber bemerkt, daß man, um die atmosphärische Mondsfluth mit Genauigkeit zu bestimmen, wenigstens 40000 Beobachtungen der Rechnung zu Grunde lege

müßte. Nach der von Laplace*) angegebenen Formel zur Berechnung der Wirkung des Mondes auf die Atmosphäre hat Bouvard die Größe der atmosphärischen Mondsfluth berechnet und hierzu von den Pariser Beobachtungen eine Reihe von 12 Jahren, welche 8940 Beobachtungen enthalten, angewandt, um die mittleren Barometerstände bei den Syzygien und Quadraturen zu bestimmen. Diese Berechnung giebt die Größe der Fluth = 0,01763 Millimeter; und die Zeit des Maximums am Tage der Syzygien 2 h. 8′ Abends; woraus Bouvard schließt, daß man für die Breite von Paris den Einfluß des Mondes auf die Atmosphäre als unmerklich ansehen könne. Eisenlohr hat aber endlich die Größe der atmosphärischen Mondsfluth aus einem Zeitraum von 22 Jahren, welcher 8036 Tage und 32144 Beobachtungen (zu Paris) umfaßt, berechnet. In der folgenden Tabelle hat Eisenlohr**) die mittleren Barometerstände der 24 Mondstunden in Millimetern über 750 für die vier Jahreszeiten und das ganze Jahr zusammengestellt; sie sind sämmtlich nach den Tagesstunden und in der letzten Spalte auch nach den Mondsphasen corrigirt. Die erste dieser Correcturen eliminirt den Einfluß der täglichen regelmäßigen Schwankungen (unter dem Einfluß der Wärme); die zweite beabsichtigt den Einfluß derjenigen Schwankungen zu entfernen, welche vom synodischen Umlaufe des Mondes herrühren.

Barometerstände der einzelnen Stunden.

Stunde	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr I.	Jahr II.
0	6,936	5,490	5,877	5,290	5,875	5,938
1	7,327	5,420	5,980	5,020	5,926	5,998
2	7,094	5,482	6,104	5,225	5,956	5,854
3	6,886	5,529	5,740	6,045	6,050	5,943
4	7,477	5,558	5,943	5,724	6,181	6,080
5	6,919	5,303	5,941	5,324	5,870	5,909
6	7,404	5,160	6,028	5,272	5,914	5,955
7	6,742	4,893	6,357	5,385	5,850	5,892
8	6,498	5,329	6,228	6,182	6,060	5,962
9	6,707	4,163	6,430	5,968	6,067	5,968
10	6,689	5,975	6,450	5,792	5,971	5,873
11	7,148	5,016	6,361	5,640	6,030	5,052
12	7,034	4,510	6,360	5,234	5,740	5,760
13	7,262	4,414	6,452	6,005	6,033	6,054
14	6,999	4,878	6,354	5,888	6,006	5,965
15	7,451	4,749	6,156	5,661	6,001	5,959
16	6,946	4,820	6,096	5,773	5,920	5,877
17	7,309	4,981	6,169	5,012	5,861	5,960
18	7,446	5,461	6,134	4,879	5,997	6,085
19	6,914	4,912	5,997	5,094	5,722	5,820
20	6,803	5,065	6,263	5,014	5,792	5,814
21	6,740	5,694	5,964	5,586	5,993	6,005
22	7,018	5,402	5,994	5,248	5,910	5,929
23	6,817	5,401	6,316	4,989	5,869	5,841
Mittel	7,013	5,149	6,152	5,466	5,941	5,941

*) Mecanique céleste T. V. p. 237, und Connaissance des tems, 1826.
**) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 202.

Es ergiebt sich hieraus (wie Eisenlohr bemerkt) Folgendes: der höchste Barometerstand fällt im ganzen Jahr auf 4 h. (also 4 Stunden nach der oberen Culmination des Mondes) und der tiefste auf 19 h. (7 Stunden nach der untern Culmination); aber es läßt sich weder eine einfache, noch eine doppelte Periode des Steigens und Fallens deutlich erkennen. Von 23 h. bis 4 h. steigt das Barometer regelmäßig fort; nach dem Maximum aber folgen drei tiefe Barometerstände, worauf von 8 h. bis 15 h., mit Ausnahme von 12 h., wo ein sehr tiefer Stand eintritt, das Barometer fortwährend über dem Mittel steht und auch die darauf folgende von 16 h. bis 23 h. dauernde Periode des tiefen Barometerstandes wird mehrmals unterbrochen. Mithin zeigt sich keine regelmäßige atmosphärische Ebbe und Fluth; es müßte nämlich innerhalb der ersten 12 Stunden ein Maximum und 6 Stunden später ein Minimum des Barometerstandes eintreten, worauf 12 Stunden später ein zweites Maximum und ein zweites Minimum folgen würden. Wenn also das Maximum um 4 h., welches der von Laplace für die Fluth gefundenen Stunde entspricht, als die erste Fluth betrachtet wird, so müßte auf 10 h. eine Ebbe mit niederem, auf 16 h. eine zweite Fluth mit hohem und auf 22 h. eine zweite Ebbe mit niederem Barometerstande eintreten; davon ist aber nichts zu bemerken; das Barometer steht um 10 h. etwas über, um 16 h. und 22 h. etwas unter dem Mittel, ein zweites Maximum ist gar nicht vorhanden und ein zweites Minimum fällt auf 12 h. In der letzten Spalte, wo die Barometerstände auch nach den Mondsphasen corrigirt sind, fällt das Maximum auf 18 h., das Minimum auf 12 h., welchen beiden ein zweites Minimum in 0 h. und ein zweites Maximum in 6 h. entsprechen sollte; von ersterem ist aber nichts zu bemerken und letzteres fällt schon auf 4 h. Ferner zeigt sich ebenfalls kein periodisches, sondern mehr ein abwechselndes Steigen und Fallen des Barometers, so daß auf einen oder zwei hohe wieder ebenso viele tiefe Barometerstände folgen. Diese Unregelmäßigkeit der Schwankungen zeigt sich auch mehr oder weniger in den einzelnen Jahreszeiten. Im Winter fällt das Maximum auf 4 h. und das Minimum schon auf 8 h., aber auch in 10 h. steht das Barometer so tief, daß man es als die auf 4 h. folgende Ebbe betrachten kann. Ein zweites Maximum fällt auf 15 h. und ein zweites Minimum auf 21 h. Diese Stunden würden zwar einigermaßen einer regelmäßigen Folge von Ebbe und Fluth entsprechen, allein in den Zwischenzeiten ist das Steigen und Fallen des Barometers ganz unregelmäßig. — Im Frühling fällt das Maximum auf 21 h. und das Minimum auf 13 h., ein kleineres Maximum fällt auf 4 h. und ein kleineres Minimum auf 7 h., aber das Barometer steht in den 10 Stunden von 21 h. bis 6 h. fortwährend tief und in den übrigen 14 Stunden meistens unter dem Mittel, so daß eher eine einfache als eine doppelte Periode zu erkennen ist. — Im Sommer tritt das Maximum in 13 h. und das Minimum in 3 h. ein und man bemerkt nur eine einfache Periode, indem das Barometer von 7 h. bis 17 h. beinahe immer über und von 18 h. bis 6 h. beinahe immer unter dem Mittel steht. Ein ähnliches Verhältniß zeigt sich im Herbst, nur wird die Periode des hohen Barometerstandes, welche von 8 h. bis 16 h. dauert, 12 h. durch einen sehr tiefen und die darauf folgende Periode des tiefen Barometerstandes mehrmals durch einen hohen Stand unterbrochen, so daß gleichfalls kein regelmäßiges Steigen und Fallen zu erkennen ist. Das Maximum fällt auf 8 h. und das Minimum auf 18 h. Dabei sind in allen Jahreszeiten die Schwankungen des Barometers sehr gering; der Unterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Stand

trägt im Winter 0,971, im Frühling 1,280, im Sommer 0,712, im Herbst 1,303 und im ganzen Jahr 0,459, oder bei weiterer Correction nach den Mondsphasen nur 0,325 Millimeter und ist also zur Zeit der Aequinoctien etwas größer als zur Zeit der Solstitien.

Wenn in der That eine atmosphärische Ebbe und Fluth vorhanden ist, so müssen dieselben Erscheinungen in Zeiträumen von 12 Mondsstunden wiederkehren; werden daher die mittleren Barometerstände von je zwei — 12 Stunden von einander liegenden Stunden zu einem neuen Mittel vereinigt, so müssen die beiden Maxima und ebenso die beiden Minima zusammenfallen, wodurch eine einfache Periode des Steigens und Fallens entsteht. Indem alsdann der mittlere Barometerstand einer jeden solchen Doppelstunde im Durchschnitt aus 2679 Beobachtungen berechnet ist, so läßt sich eine Ausgleichung der zufälligen Schwankungen mit größerer Sicherheit erwarten. — Eine sonst wie die obige eingerichtete Zusammenstellung der aus je zwei Stunden berechneten Barometerstände enthält die folgende Tabelle:

Barometerstände der Doppelstunden.

Stunden	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr I.	Jahr II.
0 12	6,985	5,000	6,119	5,262	5,807	5,849
1 13	7,294	4,917	6,216	5,513	5,979	6,026
2 14	7,047	5,180	6,229	5,556	5,981	5,909
3 15	7,168	5,139	5,948	5,853	6,026	5,951
4 16	7,212	5,189	6,020	5,749	6,051	5,979
5 17	7,114	5,142	6,055	5,168	5,566	5,934
6 18	7,275	5,310	6,081	5,076	5,955	6,020
7 19	6,828	4,903	6,177	5,239	5,786	5,856
8 20	6,650	5,197	6,245	5,598	5,926	5,888
9 21	6,723	5,429	6,197	5,777	6,030	5,987
10 22	6,854	5,189	6,220	5,520	5,940	5,901
11 23	6,982	5,208	6,338	5,314	5,950	5,996
Mittel	7,013	5,149	6,152	5,466	5,941	5,941

Man bemerkt, daß im ganzen Jahr das Barometer von 0 h. (also vom Meridiansdurchgang des Mondes) an fortwährend steigt und vier Stunden später den höchsten Stand erreicht, worauf ein schnelles Fallen eintritt, welches aber nicht regelmäßig fortgeht, sondern mehrmals von höheren Barometerständen unterbrochen wird, und daß der tiefste Stand schon nach drei Stunden auf den höchsten folgt, während er erst sechs Stunden nach dem letzteren eintreten sollte. Noch viel weniger Regelmäßigkeit zeigt sich, wenn die Barometerstände nach den Phasen geordnet sind; der tiefste Stand fällt auf den Meridiansdurchgang und in der darauf folgenden Stunde findet sich der höchste Stand des Barometers; in den übrigen Stunden zeigen sich unregelmäßige Schwankungen, und das Barometer steht wechselnd über oder unter dem Mittel. Unter den vier Jahreszeiten hat der Winter die größte Regelmäßigkeit; vom tiefsten Stand, welcher acht Stunden nach der Culmination des Mondes eintritt, steigt das Barometer gleichmäßig bis zum

höchsten Stand, welcher fünf Stunden nach dem tiefsten folgt, alsdann aber bleibt das Barometer fünf Stunden lang über dem Mittel, bis mit 7 h. ein schnelles Fallen beginnt, welches den tiefsten Stand schon in zwei Stunden herbeiführt. In den übrigen Jahreszeiten fällt das Maximum, sowie das Minimum des Barometerstandes, auf sehr verschiedene Stunden, im Frühling ersteres auf 9 h., letzteres auf 7 h., im Sommer auf 11 h. und 3 h., im Herbst auf 3 h. und 6 h., und nirgends zeigt sich ein regelmäßiges Steigen und Fallen. Anderweite Combinationen haben Eisenlohr ebensowenig, wie die erwähnten, zu brauchbaren Resultaten geführt. Zuletzt hat er noch nach dem Vorschlage von Laplace die Beobachtungen von einem halben Monat zu einem halben Monat mit einander verbunden.

Dadurch erhält man die Barometerstände aus je zwei nach etwa funfzehn Tagen auf einander folgenden Phasen (nämlich vom Neumond und Vollmond, vom 1. und 3. Oktanten, vom ersten und letzten Viertel, und vom zweiten und vierten Oktanten, bei welchen Ebbe und Fluth auf dieselben Tagesstunden fällt, und somit die Barometerstände aus je zwei zwölf Stunden von einander liegenden Mondsstunden.

In der folgenden Tabelle sind diese Barometerstände zusammengestellt, welche wie die früheren, nach den Tagesstunden, nicht aber nach den Mondsphasen corrigirt, und in Millimetern über 750 angegeben sind.

Barometerstände von je zwei Phasen.

Stunde	Neumond Vollmond	1. Oktant 3. Oktant	E. Viertel L. Viertel	2. Oktant 4. Oktant	Mittel
0 12	6,369	5,597	.	5,613	5,807
1 13	6,071	5,720	.	6,068	5,979
2 14	5,980	.	6,016	5,913	5,981
3 15	6,185	.	6,055	5,798	6,026
4 16	6,072	.	6,106	5,922	6,051
5 17	.	5,752	6,044	5,919	5,866
6 18	.	5,929	6,119	5,835	5,955
7 19	.	5,676	6,016	5,783	5,786
8 20	5,836	5,924	6,096	.	5,926
9 21	6,109	5,709	6,176	.	6,030
10 22	6,104	5,618	5,951	.	5,940
11 23	5,716	5,987	.	6,042	5,950
Mittel	6,046	5,774	6,063	5,884	5,941

In allen Phasen fällt der tiefste Barometerstand in die Stunde vor o nach dem höchsten, bei den Syzygien auf 11 h. und 0 h., bei den Quadratu auf 10 h. und 9 h., bei den Oktanten nach den Quadraturen auf 0 h. und 1 und beide Extreme treten zur Zeit der Culmination des Mondes und nur bei Quadraturen (wo die drei Stunden zur Zeit derselben fehlen) etwas vor derselb ein. Der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstand betr bei den Syzygien 0,663, bei den Quadraturen aber nur 0,225, bei den Okt

tm 0,390 und 0,455 Millimeter, wonach also die atmosphärische Fluth wie die Meeresfluth zur Zeit der Syzygien größer ist als zur Zeit der Quadraturen. Indem jedoch das Barometer kein regelmäßiges Steigen und Fallen zeigt, sondern abwechselnd über oder unter dem Mittel steht, auch die Extreme unmittelbar auf einander folgen, während sie sechs Stunden von einander entfernt sein sollten, so scheint es Eisenlohr sehr gewagt, hieraus auf das Dasein einer atmosphärischen Fluth zu schließen.

Eisenlohr hält es für unmöglich, nach den von ihm mitgetheilten und noch weniger nach den auf einer viel kleineren Anzahl von Beobachtungen beruhenden Angaben von Laplace und Bouvard über das Dasein und die Größe einer atmosphärischen, aus den Schwankungen des Barometers erkennbaren Mondsfluth zu entscheiden. Noch viel weniger ist eine durch die Sonne bewirkte Fluth zu beobachten, weil diese kaum den dritten Theil so groß wie die Mondsfluth sein kann. Auch den Einfluß des synodischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand hält Eisenlohr nach seinen neuesten Berechnungen für sehr zweifelhaft, obschon Flauguergues, er selbst und andere denselben aufgezeigt zu haben meinten. Es ist aber ja nicht zu übersehen, daß durch die angeführte Untersuchung keinesweges das Nichtvorhandensein der Einwirkung der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre der Erde dargethan oder auch nur wahrscheinlich gemacht ist; diese Einwirkung steht theoretisch fest; sondern es hat sich nur bestätigt (was, wie angeführt wurde, Laplace ebenfalls schon theoretisch nachgewiesen), daß durch diese Einwirkung der Druck der Atmosphäre nur unmerklich geändert, das Barometer also durch denselben sehr wenig afficirt wird. Trotz dem muß aber die Fluth und Ebbe der Atmosphäre sehr großen Einfluß auf die Witterung ausüben, da durch sie die Atmosphäre auf eine bis jetzt noch nicht nachweisbare, aber regelmäßige und großartige Weise in Bewegung gesetzt wird.

Wir sind in dem Vorhergehenden schon wiederholt auf die Dampfatmosphäre aufmerksam geworden, welche den festen Erdkörper umgiebt. Es ist nöthig, noch etwas näher uns mit derselben zu beschäftigen. Indem ich wegen der Eigenthümlichkeiten des Wasserdampfes, wegen des verschiedenen Verhaltens der Dämpfe und der Gase auf die Art. Dampf und Gas verweise und auf die 493 ff. gegebene Schilderung einer Gas- und einer Dampfatmosphäre, will ich hier nur noch einiges anführen, welches dienen mag, eine bestimmtere Vorstellung von dem Verhalten der Atmosphäre im Allgemeinen zu geben und dann das zusammenstellen, was wir von den Dampfgehalt derselben wissen.

Das auf der Erdoberfläche verbreitete Wasser verwandelt sich an seiner Oberfläche in Dampf, und zwar kann dies bei allen Temperaturen geschehen. Der Verwandlungsproceß geht nun um so schneller vor sich, je höher die Temperatur und je geringer der Luftdruck ist. Wenn wir in einem offenen Gefäße Wasser hinstellen, so wird dasselbe bei jeder Temperatur allmälig verschwinden; selbst das Eis in einer Temperatur unter 0° verzehrt sich am Ende: d. h. es verwandelt sich in Dampf, der in die Atmosphäre aufsteigt. Die Zeit jedoch, in welcher dieser Proceß sich beendigt, ist, wie schon bemerkt, um so kürzer, je höher die Temperatur war, welcher es ausgesetzt wurde. Erhöhen wir künstlich die Temperatur, können wir den Verdunstungsproceß beschleunigen, und am schnellsten geht er vor sich bei einer Temperatur, welche der des Siedens entspricht (80° R.) oder

höchsten Stand, welcher fünf Stunden nach dem tiefsten folgt, alsdann aber bleibt das Barometer fünf Stunden lang über dem Mittel, bis mit 7 h. ein schnelles Fallen beginnt, welches den tiefsten Stand schon in zwei Stunden herbeiführt. In den übrigen Jahreszeiten fällt das Maximum, sowie das Minimum des Barometerstandes, auf sehr verschiedene Stunden, im Frühling ersteres auf 9 h., letzteres auf 7 h., im Sommer auf 11 h. und 3 h., im Herbst auf 3 h. und 6 h., und nirgends zeigt sich ein regelmäßiges Steigen und Fallen. Anderweite Combinationen haben Eisenlohr ebensowenig, wie die erwähnten, zu brauchbaren Resultaten geführt. Zuletzt hat er noch nach dem Vorschlage von Laplace die Beobachtungen von einem halben Monat zu einem halben Monat mit einander verbunden.

Dadurch erhält man die Barometerstände aus je zwei nach etwa funfzehn Tagen auf einander folgenden Phasen (nämlich vom Neumond und Vollmond, vom 1. und 3. Oktanten, vom ersten und letzten Viertel, und vom zweiten und vierten Oktanten, bei welchen Ebbe und Fluth auf dieselben Tagesstunden fällt) und somit die Barometerstände aus je zwei zwölf Stunden von einander liegenden Mondsstunden.

In der folgenden Tabelle sind diese Barometerstände zusammengestellt, welche wie die früheren, nach den Tagesstunden, nicht aber nach den Mondsphasen corrigirt, und in Millimetern über 750 angegeben sind.

Barometerstände von je zwei Phasen.

Stunde	Neumond Vollmond	1. Oktant 3. Oktant	E. Viertel L. Viertel	2. Oktant 4. Oktant	Mittel
0 12	6,369	5,597	.	5,613	5,807
1 13	6,071	5,720	.	6,068	5,979
2 14	5,980	.	6,016	5,913	5,981
3 15	6,185	.	6,055	5,798	6,026
4 16	6,072	.	6,106	5,922	6,051
5 17	.	5,752	6,044	5,919	5,866
6 18	.	5,929	6,119	5,835	5,955
7 19	.	5,676	6,016	5,783	5,786
8 20	5,836	5,924	6,096	.	5.926
9 21	6,109	5,709	6,176	.	6,030
10 22	6,104	5,618	5,951	.	5,940
11 23	5,716	5,987	.	6,042	5,950
Mittel	6,046	5,774	6,063	5,884	5,941

In allen Phasen fällt der tiefste Barometerstand in die Stunde vor od nach dem höchsten, bei den Syzygien auf 11 h. und 0 h., bei den Quadratur auf 10 h. und 9 h., bei den Oktanten nach den Quadraturen auf 0 h. und 1 h und beide Extreme treten zur Zeit der Culmination des Mondes und nur bei d Quadraturen (wo die drei Stunden zur Zeit derselben fehlen) etwas vor derselb ein. Der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstand betr bei den Syzygien 0,663, bei den Quadraturen aber nur 0,225, bei den Okta

im 0,390 und 0,455 Millimeter, wonach also die atmosphärische Fluth wie die Meeresfluth zur Zeit der Syzygien größer ist als zur Zeit der Quadraturen. Indem jedoch das Barometer kein regelmäßiges Steigen und Fallen zeigt, sondern abwechselnd über oder unter dem Mittel steht, auch die Extreme unmittelbar auf einander folgen, während sie sechs Stunden von einander entfernt sein sollten, so scheint es Eisenlohr sehr gewagt, hieraus auf das Dasein einer atmosphärischen Fluth zu schließen.

Eisenlohr hält es für unmöglich, nach den von ihm mitgetheilten und noch weniger nach den auf einer viel kleineren Anzahl von Beobachtungen beruhenden Angaben von Laplace und Bouvard über das Dasein und die Größe einer atmosphärischen, aus den Schwankungen des Barometers erkennbaren Mondsfluth zu entscheiden. Noch viel weniger ist eine durch die Sonne bewirkte Fluth zu beobachten, weil diese kaum den dritten Theil so groß wie die Mondsfluth sein kann. Auch den Einfluß des synodischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand hält Eisenlohr nach seinen neuesten Berechnungen für sehr zweifelhaft, obschon Flauguergues, er selbst und andere denselben aufgezeigt zu haben meinten. Es ist aber ja nicht zu übersehen, daß durch die angeführte Untersuchung keinesweges das Nichtvorhandensein der Einwirkung der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre der Erde dargethan oder auch nur wahrscheinlich gemacht ist; diese Einwirkung steht theoretisch fest; sondern es hat sich nur bestätigt (was, wie angeführt wurde, Laplace ebenfalls schon theoretisch nachgewiesen), daß durch diese Einwirkung der Druck der Atmosphäre nur unmerklich geändert, das Barometer also durch denselben sehr wenig afficirt wird. Trotz dem muß aber die Fluth und Ebbe der Atmosphäre sehr großen Einfluß auf die Witterung ausüben, da durch sie die Atmosphäre auf eine bis jetzt noch nicht nachweisbare, aber regelmäßige und großartige Weise in Bewegung gesetzt wird.

Wir sind in dem Vorhergehenden schon wiederholt auf die Dampfatmosphäre aufmerksam geworden, welche den festen Erdkörper umgiebt. Es ist nöthig, noch etwas näher uns mit derselben zu beschäftigen. Indem ich wegen der Eigenthümlichkeiten des Wasserdampfes, wegen des verschiedenen Verhaltens der Dämpfe und der Gase auf die Art. Dampf und Gas verweise und auf die S. 493 ff. gegebene Schilderung einer Gas- und einer Dampfatmosphäre, will ich hier nur noch einiges anführen, welches dienen mag, eine bestimmtere Vorstellung von dem Verhalten der Atmosphäre im Allgemeinen zu geben und dann das zusammenstellen, was wir von den Dampfgehalt derselben wissen.

Das auf der Erdoberfläche verbreitete Wasser verwandelt sich an seiner Oberfläche in Dampf, und zwar kann dies bei allen Temperaturen geschehen. Der Verwandlungsproceß geht nun um so schneller vor sich, je höher die Temperatur ist und je geringer der Luftdruck ist. Wenn wir in einem offenen Gefäße Wasser aufstellen, so wird dasselbe bei jeder Temperatur allmälig verschwinden; selbst das Eis in einer Temperatur unter 0° verzehrt sich am Ende: d. h. es verwandelt sich in Dampf, der in die Atmosphäre aufsteigt. Die Zeit jedoch, in welcher dieser Proceß sich beendigt, ist, wie schon bemerkt, um so kürzer, je höher die Temperatur war, welcher es ausgesetzt wurde. Erhöhen wir künstlich die Temperatur, können wir den Verdunstungsproceß beschleunigen, und am schnellsten geht er vor sich bei einer Temperatur, welche der des Siedens entspricht (80° R.) oder

dieselbe übersteigt. Wäsche trocknen heißt nichts anderes, als das ihr anhängende Wasser verdunsten machen und dadurch das Wasser entfernen. Man kann auch in der strengsten Winterkälte, wo die Wäsche oder eigentlich das an ihr haftende Wasser im Freien gefriert, trocknen; aber es wird lange dauern, bis sie vollkommen trocken geworden, während sie in warmer Sommerluft schneller und am schnellsten in der Nähe eines erhitzten Ofens abtrocknet. Daß aber auch von dem Luftdruck die Geschwindigkeit, mit welcher der Verdampfungsproceß erfolgt, abhängt, kann man ebenso leicht nachweisen. Auf hohen Bergen sinkt das Wasser bei einer niedrigeren Temperatur als in der Ebene. Aber auch wenn wir durch künstliche Mittel den Luftdruck vermindern, z. B. mit Hülfe einer Luftpumpe, siedet das Wasser bei niedrigeren Temperaturen. Thut man Wasser von einer beliebigen Temperatur in einen Recipienten der Luftpumpe, und setzt dann diese in Bewegung, so wird bei einem gewissen Grade der Luftverdünnung das Wasser zu sieden beginnen, welche Temperatur es und die das Gefäß umgebende Luft auch haben mag.

Der Dampf dehnt sich wie die Luft durch die Wärme aus und zieht sich durch die Kälte zusammen. Jeder bestimmten Temperatur entspricht aber ein gewisses Maximum der Dichtigkeit des Dampfes, d. h. es erzeugt sich bei dieser Temperatur so lange Dampf, bis dieser jenes Maximum der Dichtigkeit erlangt hat. Man kann die ganze Atmosphäre, weil sie eine durch die Schwere bedingte Grenze hat (s. oben S. 486) als ein geschlossenes Gefäß betrachten, in welchem sich der Dampf entwickelt. In diesem Gefäß also wird sich, wenn auf dem Boden desselben (der festen Erdoberfläche) Wasser im Ueberfluß vorhanden ist, bei jeder bestimmten Temperatur Dampf bis zu einer gewissen Dichtigkeit entwickeln. Es wird aber eine gewisse Zeit vergehen, bis der Dampf das der herrschenden Temperatur entsprechende Maximum der Dichtigkeit erlangt hat. Ist dieses erreicht, so wird sich kein Dampf weiter entwickeln. Erfolgt nun aber eine Erhöhung der Temperatur, so wird sich sogleich wieder Dampf entwickeln und zwar so lange, bis derselbe die Dichtigkeit erlangt hat, welche der nunmehr herrschenden Temperatur als das ihr entsprechende Maximum gemäß ist. Tritt dagegen eine Erniedrigung der Temperatur ein, nachdem der Dampf sein Maximum erreicht hat, so schlägt sich ein Theil des Dampfes als Wasser nieder, bis der Dampf auf diejenige Dichtigkeit reducirt ist, welche als Maximum der nunmehr herrschenden Temperatur entspricht. Nehmen wir dagegen an, es trete eine Erhöhung der Temperatur ein, bevor der Dampf sein Maximum erreicht hatte, so wird sich der Verdampfungsproceß nur beschleunigen, und tritt in gleichem Falle eine Erniedrigung der Temperatur ein, so wird der Verdampfungsproceß verzögert werden, er wird ganz aufhören, wenn eine so niedrige Temperatur eintritt, daß die vorhandene Dampfmenge schon mehr für diese Temperatur im Maximum ist, er wird endlich nicht nur aufhören, sondern es wird sogar Niederschlag eines Theiles des Dampfes in Wasser erfolgen, wenn die Temperatur so weit herabsinkt, daß der vorhandene Dampf vorher schon eine Dichtigkeit erreicht hat, welche über dem dieser niedrigen Temperatur entsprechenden Maximum liegt. Da nicht überall an der Erdoberfläche Wasser im Ueberfluß vorhanden ist, so müssen wir auch noch den Fall in Betracht ziehen, der geschehen muß, wenn Dampf unter oder über dem Maximum eine weitere Temperaturveränderung erfährt. Erhöht sich die Temperatur, so dehnt sich der vorhandene Dampf aus, seine Spannkraft vermehrt sich im Verhältniß der zunehmenden Temperatur; erniedrigt sich die Temperatur, so zieht er sich ebenso regelmäßig zu

sammen, bis zu dem Punkte, wo er durch diese Zusammenziehung das der Temperatur entsprechende Maximum erreicht; sinkt dann die Temperatur noch weiter, so erfolgt Niederschlag von Wasser. Im Ganzen der Atmosphäre ist auf deren Boden aber stets Wasser im Ueberfluß vorhanden, und geschähen die Temperaturveränderungen derselben stets so, daß die ganze Atmosphäre gleichzeitig in allen ihren Theilen erwärmt oder abgekühlt würde, so würde sich das Mißverhältniß, welches aus der ungleichen Vertheilung des Wassers an der festen Erdoberfläche sich ergiebt, auf sehr gleichförmige Weise ausgleichen. Nun aber geschieht die Erwärmung und Abkühlung der Atmosphäre auf sehr ungleichförmige Weise. Es kann also vorkommen, daß über einer weitausgebreiteten wasserarmen Gegend die Temperatur sich erhöht, während über einer weitausgebreiteten Wasserfläche die Temperatur in Abnehmen begriffen ist. Während also dort der Dampf sich ausdehnt unter Erhöhung seiner Spannkraft, zieht er sich hier zusammen, und kann gar zum Theil in Wasser sich verwandeln. Tritt der umgekehrte Fall ein, d. erhöht sich die Temperatur über der wasserreichen Gegend, während sie über der wasserarmen sinkt, so dehnt sich dort der Dampf aus, erhöht seine Spannkraft, der Verdampfungsproceß beschleunigt sich und zugleich zieht sich hier der Dampf zusammen, durch jene Ausdehnung (abgesehn von den sonstigen Bewegungen in der Atmosphäre) wird ihm noch mehr Dampf zugeführt, welcher sich auch zusammenzieht und bald ist über dem dürren Lande das Maximum der Dichtigkeit des Dampfes erreicht und überschritten, indem sich Wasser niederschlägt. Natürlich wirken alle diese localen Temperaturdifferenzen, vereint mit der ungleichförmigen Vertheilung des Wassers am Boden der Atmosphäre, ein fortwährendes Streben nach Ausgleichung in den sich bildenden Mißverhältnissen in der Dampfatmosphäre, welche diese ist in ebenso unausgesetzter Bewegung wie die Luftatmosphäre, von welcher wir früher vorzugsweise gesprochen und es wechseln unausgesetzt Niederschlag und Entwicklung, Zusammenziehung und Ausdehnung des Dampfes auf die mannigfachste Weise.

Wir haben bisher angenommen bei dieser Betrachtung, daß sich die Atmosphäre wie ein leeres Gefäß verhalte, in welchem der Proceß der Dampfbildung und des Dampfniederschlages unter dem Einfluß der Temperaturveränderungen erfolge. Diese Annahme ist aber nicht ganz richtig. Man muß hinzudenken, die Atmosphäre verhält sich gegen den Dampf auch als ein Gefäß, welches bald größer, bald kleiner wird. Denn die Atmosphäre ist mit Luft erfüllt, und diese übt, wie wir gesehen haben, einen Druck auf sich selbst aus, so daß die oberen Schichten auf den unteren Lasten und sie zusammendrücken. Gleiches nun erfährt der Dampf nicht nur durch sich selbst, sondern auch durch die Luft. Der Luftdruck aber, wie wir gesehen haben, veränderlich. Erhöht sich der Druck der Luft, so ist es gerade so, wie wenn sich das Gefäß, in welchem sich der Dampf befindet, verkleinert; vermindert sich der Druck der Luft, so hat dies eine gleiche Wirkung auf den Dampf, wie wenn sich das Gefäß vergrößert. Wir müssen also noch in Betracht ziehen, wie sich der Dampf in einem Gefäße verhält, welches sich bald verkleinert bald vergrößert. Denken wir uns ein Gefäß mit Dampf erfüllt, welcher noch nicht im Maximum seiner Dichtigkeit ist für die Temperatur, die wir nun als gleichbleibend annehmen. Jetzt werde das Gefäß immer kleiner und kleiner, so drückt es den Dampf zusammen, dieser wird dichter und dichter, kommt endlich auf das Maximum der Dichtigkeit für die herrschende Temperatur, und setzt sich die

Zusammenziehung des Gefäßes nun noch weiter fort, so bleibt der Dampf auf dem Maximum stehen, wird nicht mehr dichter, aber ein Theil desselben schlägt sich als Wasser nieder, und zwar erzeugt sich immer mehr und mehr Wasser, so lange das Gefäß fortfährt kleiner zu werden. Nehmen wir dagegen an, der Dampf sei für die herrschende Temperatur im Maximum in dem Gefäß und dieses werde größer und größer, es sei aber auf dem Boden des Gefäßes kein Wasser im Ueberschuß vorhanden, so dehnt sich Dampf aus, so wie sich das Gefäß vergrößert und wird zugleich dünner. Ist aber Wasser auf dem Boden des Gefäßes, so entwickeln sich sogleich mehr Dämpfe, indem sich das Gefäß erweitert und der Dampf bleibt im Maximum, oder vielmehr durch die Dampferzeugung wird das Maximum immer wieder hergestellt, wenn es durch die Vergrößerung des Gefäßes und die gleichzeitige Ausdehnung und Verdünnung des Dampfes aufgehoben wurde. Aus dem Gesagten folgt nun folgendes.

Temperaturerhöhung und gleichzeitige Verminderung des Druckes beschleunigen die Dampferzeugung und bewirken Ausdehnung und Verdünnung des vorhandenen Dampfes, bewirken also niemals einen Niederschlag von Wasser.

Temperaturerhöhung und gleichzeitige Vermehrung des Druckes treten in Widerspruch mit einander; überwiegt jene, so erzeugt sich noch mehr Dampf, zugleich wird der Dampf dichter und seine Spannkraft steigt, diese kann endlich den Druck überwinden oder dies geschieht nicht, es siegt nun der Druck und in diesem Falle erfolgt Niederschlag von Wasser.

Temperaturerniedrigung und gleichzeitige Vermehrung des Druckes bewirkt so lange noch keinen Niederschlag von Wasser, als der vorhandene Dampf noch nicht im Maximum ist, sie bewirken aber gemeinschaftlich Verdichtung des Dampfes und nachdem dieser sein Maximum erreicht hat, erfolgt Niederschlag.

Temperaturerniedrigung und gleichzeitige Verminderung des Druckes wirken einander wieder entgegen. Siegt jene, so erfolgt Verdichtung des Dampfes und endlich Niederschlag; siegt diese, so verdünnt sich der Dampf und vermehrt sich, wenn Wasser im Ueberschuß vorhanden, was ihn aber um so schneller wieder seinem Maximum entgegentreibt, je tiefer die Temperatur sinkt.

Bleibt die Temperatur gleich und sinkt der Druck, so kann ein Niederschlag erfolgen.

Bleibt die Temperatur gleich und steigt der Druck, so kann Niederschlag erfolgen und erfolgt gewiß, wenn der Dampf im Maximum war.

Bleibt der Druck gleich und steigt die Temperatur, so kann niemals Niederschlag erfolgen.

Bleibt der Druck gleich und sinkt die Temperatur, so kann Niederschlag erfolgen und erfolgt gewiß, wenn der Dampf im Maximum war.

Was ich von dem Verhalten der Dampfatmosphäre gesagt habe, leidet nur den Umstand, daß die Erde von einer Luftatmosphäre umgeben ist, daß also die Dämpfe durch die Luft hindurch sich ausbreiten müssen, nur wenige Modificationen. Gießt man zwei Flüssigkeiten von verschiedener Dichte unter einander, z. B. Wasser und Oel, so sondern sich die beiden Flüssigkeiten und die dünnere lagert sich über der dichteren, das Oel über dem Wasser. Verhielten sich die Gase und Dämpfe ebenso wie die Flüssigkeiten, so würde in der Atmosphäre eine ähnliche Ablagerung

erfolgen; wäre die Luft dichter als der Dampf, so würde dieser in die Höhe steigen und am Boden der Atmosphäre würde sich nur Luft, oberwärts nur Dampf finden, — wäre der Dampf dichter als die Luft, so würde am Boden nur Dampf vorhanden, die Luft nach oben gedrängt sein. Gase und Dämpfe aber verhalten sich in ganz anderer Weise, nämlich so, daß ein jedes ausdehnsames Fluidum in dem gegebenen Raume so sich ausbreitet, als wäre das andere Fluidum gar nicht vorhanden. Nur die Schnelligkeit, mit welcher die Ausbreitung eines solchen Fluidums geschieht, kann einigermaßen durch die schon vorhandenen Luftarten behindert werden. Die ausdehnsamen Fluiden durchdringen einander und die Schnelligkeit, mit welcher diese Durchdringung erfolgt, hängt ab von ihrer Dichtigkeit. Die Dampfatmosphäre verhält sich also ganz so, wie wenn die Luftatmosphäre gar nicht vorhanden wäre, nur daß die Processe der Umbildungen des Dampfes und die Bewegungen desselben durch das Vorhandensein der Luftatmosphäre eine Verzögerung erfahren, welche desto größer ist, je dichter die Luft ist. In neuester Zeit hat Regnault, die Frage untersucht: ob der Dampf in der Luft, unter dem Drucke der Atmosphäre dieselbe Spannkraft annehme, wie solches im luftleeren Raume für die entsprechenden Temperaturen der Fall ist. Er hat seine genauen Beobachtungen über die Spannkräfte des Dampfes im luftleeren Raume verglichen mit ebenso sorgfältig angestellten Beobachtungen im lufterfüllten Raume. Dabei hat sich denn gezeigt, daß erstens (wie schon bemerkt wurde) das Spannungsmaximum des Dampfes im Vacuum augenblicklich eintrete, während in der Luft zur Herstellung derselben eine ziemlich lange Zeit erforderlich ist, und daß zweitens die Spannungen des Wasserdampfes in der Luft beständig etwas kleiner sind als im Vacuum sind. Der Unterschied ist jedoch sehr gering (er beträgt höchstens etwas über $^1/_2$ Millimeter) und daher spricht Regnault *) selbst die Befürchtung aus, daß ein constanter Fehler im Verfahren die Differenz veranlaßt haben möge, den zu entdecken er jedoch nicht vermocht habe.

Es wurde schon bemerkt, daß in einem jeden geschlossenen Gefäße der Dampf, wenn Wasser im Ueberschuß vorhanden, sich bis zu einem gewissen Maximum seiner Dichte und damit auch seiner Spannkraft (Elasticität) entwickle. Wird nun das Gefäß größer oder kleiner, so bleibt die Spannkraft des Dampfes dieselbe, indem sich im ersten Falle neuer Dampf entwickelt, im zweiten Falle ein Theil des Dampfes als Wasser niederschlägt. Die Spannkraft des Dampfes ist nun dieselbe, wenn das Gefäß mit Luft erfüllt ist, oder wenn es leer ist, nur daß im letzteren Falle einige Zeit vergeht, bis sich nach einer Erhöhung der Temperatur die hinreichende Quantität Dampf entwickelt hat, um das dieser höheren Temperatur entsprechende Maximum wieder herzustellen. Man hat die Elasticität der Dämpfe für die verschiedenen Temperaturen bestimmt. Es geschieht dieses so, daß man in den leeren Raum eines Barometers einen Tropfen Wasser steigen läßt und nun beobachtet, um wie viel niedriger die Quecksilbersäule in diesem Instrumente steht, verglichen mit dem Stande des Queckſilbers in einem sorgfältig construirten Barometer mit einer vollkommenen torricelliſchen Leere. Der Unterschied beider Barometerstände giebt für die Temperatur, bei welcher der Versuch angestellt wurde, die Bestimmung der Elasticität. Zur sorgfältigen Ausführung dieser

*) Compt. rend. T. XX. p. 1127 et 1220. Daraus in Pogg. Ann. Bd. LXV. S. 135.

Verſuche gehört, daß alle Beobachtungen auf dieſelbe Temperatur des Queckſilbers reducirt werden, weil dieſes mit der Temperatur ſein ſpecifiſches Gewicht ändert, daß man ſich recht weiter Barometerröhren bedient, um den Fehler möglichſt zu vermeiden, der aus dem Umſtande hervorgeht, daß in einer gläſernen Röhre das Queckſilber, da, wo es Glas berührt, niedriger ſteht als in der Mitte des Niveaus, und daß alle Beobachtungen mit größter Genauigkeit und unter Vermeidung aller ſtörender Einflüſſe angeſtellt werden. Kämtz *) hat durch ſeine Beobachtungen folgende Werthe für die Grade des Reaumur'ſchen Thermometers und deren Zehntheile gefunden.

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
— 20	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	— 20
— 19	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	— 19
— 18	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	— 18
— 17	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	— 17
— 16	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41	0,41	— 16
— 15	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	— 15
— 14	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50	— 14
— 13	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	— 13
— 12	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	— 12
— 11	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,68	— 11
— 10	0,81	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	— 10
— 9	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	— 9
— 8	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	— 8
— 7	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	— 7
— 6	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	— 6
— 5	1,30	1,29	1,28	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,19	— 5
— 4	1,42	1,41	1,40	1,38	1,37	1,36	1,35	1,33	1,32	1,31	— 4
— 3	1,56	1,54	1,53	1,52	1,50	1,49	1,47	1,46	1,45	1,43	— 3
— 2	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	— 2
— 1	1,86	1,84	1,83	1,81	1,79	1,78	1,76	1,75	1,73	1,72	— 1
0	2,03	2,01	1,99	1,98	1,96	1,94	1,93	1,91	1,89	1,88	0
0	2,03	2,05	2,07	2,08	2,10	2,12	2,14	2,16	2,18	2,20	0
1	2,21	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,33	2,35	2,37	2,39	1
2	2,41	2,43	2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,56	2,59	2,61	2
3	2,63	2,65	2,67	2,70	2,72	2,74	2,77	2,79	2,81	2,84	3
4	2,86	2,89	2,91	2,93	2,96	2,98	3,01	3,04	3,06	3,09	4
5	3,11	3,14	3,16	3,19	3,22	3,24	3,27	3,30	3,33	3,35	5
6	3,38	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,55	3,58	3,61	3,64	6
7	3,67	3,70	3,73	3,76	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,95	7
8	3,99	4,02	4,05	4,08	4,12	4,15	4,19	4,22	4,25	4,29	8
9	4,32	4,36	4,39	4,43	4,46	4,50	4,54	4,57	4,61	4,65	9
10	4,68	4,72	4,76	4,80	4,84	4,88	4,91	4,95	4,99	5,03	10
11	5,07	5,11	5,15	5,19	5,24	5,28	5,32	5,36	5,40	5,45	11
12	5,49	5,53	5,58	5,62	5,66	5,71	5,75	5,80	5,84	5,89	12
13	5,94	5,98	6,03	6,08	6,12	6,17	6,22	6,27	6,32	6,37	13
14	6,42	6,46	6,51	6,56	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,88	14
15	6,93	6,98	7,03	7,09	7,14	7,20	7,25	7,31	7,36	7,42	15

*) Vorleſungen über Meteor. S. 88.

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
16	7,48	7,53	7,59	7,65	7,71	7,77	7,82	7,88	7,94	8,00	16
17	8,06	8,13	8,19	8,25	8,31	8,38	8,44	8,50	8,56	8,63	17
18	8,69	8,76	8,82	8,89	8,96	9,02	9,09	9,16	9,23	9,28	18
19	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,72	9,79	9,86	9,93	10,01	19
20	10,08	10,15	10,23	10,30	10,38	10,46	10,53	10,61	10,69	10,77	20
21	10,84	10,92	11,00	11,08	11,16	11,25	11,33	11,41	11,49	11,58	21
22	11,66	11,75	11,83	11,92	12,00	12,09	12,18	12,26	12,35	12,44	22
23	12,53	12,62	12,71	12,80	12,90	12,99	13,08	13,17	13,27	13,36	23
24	13,46	13,55	13,65	13,75	13,84	13,94	14,04	14,14	14,24	14,34	24
25	14,44	14,56	14,65	14,75	14,86	14,96	15,07	15,17	15,28	15,36	25
26	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,16	16,27	16,38	16,50	26
27	16,61	16,73	16,84	16,96	17,08	17,20	17,32	17,44	17,56	17,68	27
28	17,80	17,92	18,05	18,18	18,30	18,43	18,56	18,69	18,82	18,95	28

Eine andere Tafel dieser Art hat August besonders aus den Beobachtungen von Dalton hergeleitet. Danach erhalten wir bei verschiedenen Graden des Quecksilberthermometers folgende Größen.

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
− 25	0‴,20	0‴,19	0‴,19	0‴,19	0‴,19	0‴,18	0‴,18	0‴,18	0‴,18	0‴,18	— 25
− 24	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	— 24
− 23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	— 23
− 22	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	— 22
− 21	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	— 21
− 20	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	— 20
− 19	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	— 19
− 18	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	— 18
− 17	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,44	0,43	0,42	0,42	— 17
− 16	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	— 16
− 15	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	— 15
− 14	0,62	0,61	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	— 14
− 13	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	— 13
− 12	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,69	0,69	— 12
− 11	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	— 11
− 10	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	— 10
− 9	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	— 9
− 8	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	— 8
− 7	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	— 7
− 6	1,32	1,31	1,30	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,21	— 6
− 5	1,44	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	— 5
− 4	1,58	1,56	1,55	1,54	1,52	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	— 4
− 3	1,72	1,71	1,70	1,68	1,67	1,65	1,64	1,62	1,61	1,59	— 3
− 2	1,88	1,87	1,85	1,84	1,82	1,80	1,79	1,77	1,76	1,74	— 2
− 1	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,94	1,92	1,90	— 1
− 0	2,24	2,22	2,20	2,19	2,17	2,16	2,14	2,12	2,09	2,07	— 0
0	2,24	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42	0
1	2,44	2,46	2,49	2,51	2,53	2,55	2,57	2,59	2,62	2,64	1
2	2,66	2,68	2,71	2,73	2,75	2,78	2,80	2,82	2,85	2,87	2
3	2,89	2,92	2,94	2,97	2,99	3,02	3,04	3,07	3,09	3,12	3
4	3,14	3,17	3,20	3,22	3,25	3,28	3,30	3,33	3,36	3,38	4
5	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,68	5

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
6	3‴,71	3‴,14	3‴,77	3‴,80	3‴,83	3‴,86	3‴,89	3‴,92	3‴,96	3‴,99	6
7	4,02	4,05	4,09	4,13	4,17	4,20	4,24	4,29	4,31	4,35	7
8	4,39	4,42	4,45	4,48	4,52	4,55	4,58	4,61	4,65	4,68	8
9	4,72	4,75	4,79	4,83	4,87	4,91	4,95	4,99	4,03	5,06	9
10	5,10	5,14	5,19	5,23	5,27	5,31	5,35	5,39	5,43	5,48	10
11	5,52	5,56	5,61	5,65	5,70	5,74	5,78	5,83	5,87	5,92	11
12	5,96	6,01	6,06	6,11	6,15	6,20	6,25	6,28	6,33	6,38	12
13	6,44	6,49	6,54	6,59	6,64	6,69	6,74	6,79	6,85	6,90	13
14	6,95	6,99	7,04	7,09	7,13	7,18	7,23	7,27	7,31	7,36	14
15	7,41	7,48	7,54	7,62	7,68	7,74	7,81	7,88	7,94	7,01	15
16	8,07	8,14	8,20	8,26	8,32	8,39	8,45	8,51	8,57	8,63	16
17	8,70	8,76	8,83	8,90	8,96	9,03	9,09	9,16	9,23	9,29	17
18	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,71	9,78	9,86	9,93	10,00	18
19	10,07	10,13	10,20	10,25	10,33	10,39	10,46	10,52	10,59	10,65	19
20	10,72	10,81	10,90	10,99	11,08	11,17	11,26	11,35	11,44	11,53	20
21	11,62	11,71	11,79	11,88	11,96	12,05	12,14	12,22	12,31	12,39	21
22	12,48	12,57	12,66	12,75	12,84	12,93	13,03	13,12	13,21	13,30	22
23	13,39	13,49	13,58	13,68	13,78	13,87	13,97	14,07	14,15	14,24	23
24	14,36	14,46	14,57	14,67	14,77	14,87	14,98	15,08	15,18	15,29	24
25	15,39	15,50	15,61	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,25	16,36	25
26	16,47	16,47	16,71	16,82	16,94	17,06	17,18	17,30	17,41	17,53	26
27	17,65	17,65	17,90	18,02	18,14	18,26	18,36	18,51	18,63	18,76	27
28	18,88	19,01	19,14	19,26	19,39	19,52	19,65	19,78	19,90	20,03	28

Der Gebrauch dieser Tafel wird durch folgendes Beispiel klar. Gesetzt man suche die Elasticität des Dampfes, wenn ein Raum von 20°,5 Temp. damit gesättigt (d. h. Dampf im Maximum ihn erfüllt) ist; so sucht man in der ersten verticalen Spalte die Zahl 20, in der obersten horizontalen Zeile die Zahl 0,5, folgt dann mit dem Auge der horizontalen Linie neben 20 und der verticalen Spalte unter 0,5; die Zahl, wo beide Richtungen zusammentreffen, also in dem gewählten Falle die Zahl, 10‴,46 (nach Kämtz) oder 11‴,17 (nach August) ist die gesuchte Bestimmung der Elasticität des Dampfes. Die Verschiedenheit der Bestimmungen in beiden Tabellen läßt sich nur aus der Mangelhaftigkeit der Versuche, die den einen und den andern zu Grunde liegen, erklären. Die Angaben der Tabelle von Kämtz *) dürften wohl die richtigeren sein, doch entscheidet sich Kämtz selbst für die Benutzung der August'schen Tafel, da ihre Angaben sehr nahe mit denen übereinstimmen, welche die meisten Physiker ihren Untersuchungen zu Grunde gelegt haben. Ich werde sogleich noch eine neuere derartige Tabelle mittheilen.

Das Gewicht des Wasserdampfes bestimmt man so, daß man ein sorgfältig abgewogene Quantität Wasser in die torricelli'sche Leere eines Barometers steigen läßt, dessen innere Dimensionen man genau kennt. Das Wasser verwandelt sich sogleich in Dampf und erfüllt den leeren Raum mit dem Maximum seiner Dichte für die herrschende Temperatur, und zwar geschieht dies so lange, wenn die Temperatur erhöht wird, als noch Wasser zum Verdampfen vorräthig ist. Fährt man aber fort die Temperatur zu erhöhen, so beginnt von dem Augenblicke, wo alles Wasser in Dampf umgewandelt ist, der vorhandene Dampf sich unter den

*) Vergl. Kämtz Vorlesungen über Meteor. S. 90.

Einfluß der Temperatur auszudehnen, wie jede Gasart. So lange der Dampf im Maximum iſt, wird die Erniedrigung des Barometerſtandes der vorhin angeführten Tabelle entſprechen. Iſt aber alles Waſſer in Dampf verwandelt und kann ſich alſo bei weiterer Erwärmung das Maximum nicht wieder herſtellen, ſo ſinkt zwar das Barometer noch fernerhin, aber weit langſamer als zuvor, es ſinkt nun in demſelben Verhältniß, wie wenn man eine Quantität trockner Luft in die Leere gebracht und gleichermaßen erwärmt hätte. Man muß nun den Moment abwarten, wo alles Waſſer eben verdampft iſt und der Dampf die Leere im Maximum erfüllt; in dieſem Moment beſtimmt man die herrſchende Temperatur und den Rauminhalt der Leere, welche aber jetzt von Waſſerdampf erfüllt iſt. Da man nun das Gewicht des zugelaſſenen Waſſers kennt, ſo kennt man auch das Gewicht des Dampfes im Maximum bei der beſtimmten Temperatur und dem beſtimmten Volumen. Auf dieſe Weiſe hat Auguſt das Gewicht des Waſſerdampfes im Maximum beſtimmt, welchen ein Pariſer Cubikfuß bei den angemerkten Temperaturen (nach R.) enthält:

Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran
− 20	0,60	— 10	1,54	0	3,65	10	7,90	20	15,88
− 19	0,66	— 9	1,69	1	3,96	11	8,50	21	16,97
− 18	0,73	— 8	1,85	2	4,29	12	9,14	22	18,11
− 17	0,81	— 7	2,03	3	4,64	13	9,81	23	19,32
− 16	0,89	— 6	2,23	4	5,01	14	10,53	24	20,60
− 15	0,98	— 5	2,42	5	5,42	15	11,30	25	21,96
− 14	1,08	— 4	2,63	6	5,86	16	12,11	26	23,38
− 13	1,18	— 3	2,86	7	6,33	17	12,97	27	24,90
− 12	1,29	— 2	3,10	8	6,82	18	13,89	28	26,47
− 11	1,41	— 1	3,36	9	7,34	19	14,85	29	28,14

Wenn man alſo weiß, auf welche Temperatur die Atmoſphäre an einem Orte gebracht werden muß, damit in ihr Dampf im Maximum vorhanden ſei oder d. h. damit Sättigung mit Dampf ſtattfinde, ſo kann man ebenſowohl die Elaſticität des vorhandenen Waſſerdampfes beſtimmen, als auch das Gewicht des Waſſerdampfes, welches ein Cubikfuß enthält. Geſetzt man hätte jene Temperatur zu 0° R. gefunden, ſo wäre nach der erſten Tabelle von Auguſt die Elaſticität des Waſſerdampfes = 5‴,10, und das Gewicht des in 1 Par. Cubikfuß enthaltenen Waſſerdampfes nach der zweiten Tabelle von Auguſt 7,90 Gran. Hätten wir alſo gefunden, daß die Luft in der Nähe des Barometers mit Dampf geſättigt ſein würde, wenn ſie die Temperatur von 10° R. hätte, ſo wiſſen wir daß der Druck der Dampfatmoſphäre eine Queckſilberſäule von 5‴,10 zu tragen im Stande ſei. Die Elaſticität des Dampfes giebt den Druck der Dampfatmoſphäre. Wie aber die Temperatur und ſomit der Dampfgehalt der Atmoſphäre beſtimmt wird, ſoll in dem Art. Hygrometer gezeigt werden.

Zum Vergleich mit den Tafeln von Kämtz und Auguſt mögen noch folgende Zahlen dienen, welche einer neueren Arbeit von Regnault*) über Hygrometrie (ſ. Hygrometer) entnommen ſind. Die zweite Columne giebt den

*) Becquerel, élem. de physique terrestre et de météor. p. 354.

Druck in Millimetern der getragenen Queckſilberſäule; die dritte die Gewichte in Grammes des Dampfes, welcher in einem Cubik-Meter geſättigter Luft enthalten iſt. Die Temperaturen ſind nach der hunderttheiligen Scale beſtimmt.

Temperatur C.	Spannung des Dampfes im Maximum	Gewicht des Dampfes in 1 C. M. geſättigter Luft	Temperatur C.	Spannung des Dampfes im Maximum	Gewicht des Dampfes in 1 C. M. geſättigter Luft
— 10	2,078	2,302	+ 13	11,162	11,383
— 9	2,261	2,495	14	11,908	12,103
— 8	2,456	2,701	15	12,699	12,860
— 7	2,666	2,921	16	13,536	13,621
— 6	2,890	3,156	17	14,421	14,504
— 5	3,131	3,406	18	15,357	15,393
— 4	3,387	3,672	19	16,346	16,327
— 3	3,662	3,956	20	17,391	17,311
— 2	3,955	4,281	21	18,495	18,448
— 1	4,267	4,575	22	19,659	19,437
0	4,600	4,915	23	20,888	20,581
+ 1	4,940	5,260	24	22,184	21,785
2	5,302	5,623	25	23,550	23,067
3	5,687	6,010	26	24,988	24,374
4	6,097	6,420	27	26,505	25,767
5	6,534	6,845	28	28,101	27,226
6	6,998	7,316	29	29,782	28,762
7	7,492	7,804	30	31,548	30,368
8	8,017	8,322	31	33,405	32,051
9	8,574	8,869	32	35,359	33,812
10	9,165	9,445	33	37,410	35,655
11	9,792	10,055	34	39,565	37,583
12	10,457	10,696	35	41,487	39,281

Will man die Angaben dieſer Tabelle mit denen von Kämtz und Aug vergleichen, ſo muß man die Celſius'ſchen Grade in Reaumur'ſche, die A gaben nach Millimetern in Angaben nach Pariſer Linien überſetzen. Man fi dann für folgende Temperaturen die entſprechenden Beſtimmungen.

Für	nach Kämtz:	nach Regnault:	nach Auguſt
— 8° R.	0,98	0,92	1,10
— 4 "	1,42	1,39	1,58
0 "	2,03	2,04	2,24
+ 4 "	2,86	2,89	3,14
+ 8 "	3,99	4,06	4,39
+ 12 "	5,49	5,63	5,96
+ 16 "	7,48	7,70	8,07
+ 20 "	10,08	10,43	10,72
+ 24 "	13,46	13,98	14,36
+ 28 "	17,80	18,38	18,88

Die Angaben von Regnault sind durchgängig etwas kleiner als die von August, für die Grade unter 0 sind sie etwas kleiner und für die Grade über 0 etwas größer als die Angaben von Kämtz, im Ganzen liegen sie mitten inne zwischen den Angaben von Kämtz und August, was für ihre Richtigkeit spricht.

Bedeutender weichen die Angaben Regnaults über das Gewicht des Dampfes in einem bestimmten Volumen bei den verschiedenen Temperaturen von denen ab, welche die Tabelle von August (S. 545) enthält. Reducirt man die Angaben von Regnault auf Grade Reaumur, Grane und Par. Cubikfuß, so erhält man für die beigesetzten Temperaturen verglichen mit den Angaben von August folgende Werthe.

Ein Pariser Cubikfuß enthält an Wasserdampf

	nach Regnault	nach August	Differenz
bei — 8° R.	1,52 Gran	1,85	0,33
" — 4 "	2,07 "	2,63	0,56
" 0 "	2,77 "	3,65	0,88
" + 4 "	3,61 "	5,01	1,40
" + 8 "	4,69 "	6,82	2,13
" + 24 "	17,10 "	20,60	3,50

Wären die Angaben von Regnault richtig, so fielen die von August durchgängig zu niedrig aus, und zwar wäre der Fehler desto größer, je höher die Temperatur wäre.

Die Dichte des Wasserdampfes *) ist ungefähr 0,622 oder $^5/_8$ der Dichte der Luft unter denselben Verhältnissen der Temperatur und des Druckes. Nach dieser Annahme kann man das Gewicht des Wasserdampfes berechnen, welches ein bestimmter Raum bei einer gegebenen Temperatur und für einen gegebenen Grad der Feuchtigkeit enthält. Bezeichnet p das Gewicht des in einem Liter Luft enthaltenen Dampfes bei der Temperatur t, d die Spannkraft dieses Wasserdampfes, das Gewicht des Dampfes, wenn die Luft mit dem Dampfe gesättigt ist, D endlich die Spannkraft, welche dem Maximum für die Temperatur t entspricht (welchen Werth die Tabelle giebt), so hat man

$$p = 0{,}622 \frac{1^{gr.},299}{1 + 0{,}00367\,t} \cdot \frac{d}{760^{mill.}}$$

$$\text{und } P = 0{,}622 \frac{1^{gr.},299}{1 + 0{,}00367\,t} \cdot \frac{D}{760^{mill.}}$$

Es ist nämlich 0,622 die Dichte des Dampfes gegen Luft; 1,299 Grammes das Gewicht eines Liter trockner Luft bei 0° Temperatur (s. S. 470) und 760 Millimeter Druck (mittlerer Barometerstand s. S. 529), 0,00367 der Coefficient der Ausdehnung der Luft (s. d. Art. Ausdehnung).

Die Wärme, welche in Bezug auf die Dampfatmosphäre eine so einflußreiche Rolle spielt, kommt aber bei dem Processe der Umwandlung des Wassers und des Dampfes noch in einer bisher noch nicht in diesem Artikel erwähnten Weise in Betracht. Es wird nämlich bei der Verwandlung des Wassers in Dampf eine große

*) Ausführlicheres hierüber und über alles übrige den Wasserdampf betreffende s. im Art. Dampf.

Quantität Wärme verzehrt, während bei der Verwandlung des Dampfes in Wasser eine entsprechende Quantität Wärme frei wird (s. d. Art. Dampf). Die Dampfbildung bewirkt demgemäß unter allen Umständen Temperaturerniedrigung, die Wasserbildung (aus Dampf) Temperaturerhöhung. Es ist hier nicht der Ort die Versuche näher anzugeben, durch welche dieses wichtige Naturgesetz nachgewiesen wird; aber um eine bestimmte Vorstellung zu geben von der Größe des Einflusses den es auf die Atmosphäre haben muß, will ich hier nur ein Beispiel (nach Kämtz) anführen. Wir gießen in ein Gefäß ein Pfund Wasser von 0° C., schütten dazu ein Pfund Wasser von 100° C., so hat die Mischung eine Temperatur von 50° C. Und welches auch die Verhältnisse sein mögen, in denen die Wassermengen von den erwähnten Temperaturen stehen, stets erfolgt die Vertheilung der Wärme in dem Verhältnisse ihrer Mengen. Nehmen wir also 10 Pfund Wasser von 0° und schütten dazu 1 Pfund Wasser von 100° C., so ist die Temperatur der Mischung $\frac{10.0 + 1.100}{11} = 9°$, 1 C. Wir wollen jetzt das eine Pfund Wasser von 100° C. in ein verschlossenes Gefäß schütten und von ihr eine Röhre in das Gefäß leiten, welches 10 Pfund Wasser von 0° enthält; wird jenes erhitzt, so bleibt seine Temperatur 100° C., die Dämpfe entweichen mit Schnelligkeit durch die Röhre in das kalte Wasser, und werden hier zu Wasser niedergeschlagen; und wenn das ganze Pfund Wasser verdunstet ist, so haben die 11 Pfund in dem Gefäße nicht wie oben eine Temperatur von 9°, sondern von 58° C. Die Dämpfe nämlich geben bei diesem Uebergange in Wasser ihre latente Wärme wieder ab, nnd diese erhöht daher die Temperatur der Mischung so bedeutend. Durch Versuche dieser Art hat man gefunden, daß die latente Wärme, welche der siedende Wasserdampf besitzt nahe 535° beträgt, so daß seine gesammte Wärme 635° ist, d. h. die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Pfund siedendes Wasser in Dampf zu verwandeln, ist ebenso groß als die Wärmemenge, durch welche dieses Wasser von zu einer Temperatur von 635° erwärmt werden könnte, wofern dieses Wasser nicht in Dämpfe verwandelt würde.

Man sieht aus dem Angeführten, daß die Wärme, indem sie Wasser in Dampf verwandelt, zugleich gegen sich selbst agirt, dergestalt, daß wenn keine neue Wärmeerregung erfolgt, der ganze Prozeß sich selbst eine Grenze setzt, denn die Dampfbildung macht die Wärme verschwinden; und umgekehrt wird auch die Abkühlung, indem sie aus dem Dampfe Wasser erzeugt, sich selbst aufheben, da durch die Wassererzeugung Wärme hervorgebracht wird.

Wenn man eine mit Wasserdampf mehr oder weniger erfüllte Luftmasse langsam abkühlt, so tritt endlich eine Temperatur ein, bei welcher (wie schon angeführt wurde) die Luft mit der vorhandenen Dampfmenge gesättigt ist (bei welcher der Dampf auf das dieser niederen Temperatur entsprechende Maximum gekommen ist). Diese Temperatur heißt der Thaupunkt und wenn man dieselbe in der oben mitgetheilten Tafel aufsucht, so erhält man in der angegebenen Weise die Quantität des in der Luft enthaltenen Dampfes. Wenn also z. B. der Versuch bei einer herrschenden Temperatur von 20° R. angestellt wurde, und man fände durch das im Art. Hygrometer zu beschreibende Verfahren, daß der Thaupunkt 8°,3 wäre, so fände man in der August'schen Tafel für die Elasticität der Dämpfe 4‴,48, und wüßte nun, daß der Druck der Dampfatmosphäre am Beobachtungsorte einer Quecksilbersäule von 4‴,48 Höhe das Gleichgewicht halte. Durch die

Thaupunkt erhalten wir die absolute Dampfmenge. Je tiefer aber der Thaupunkt unter der in der Atmosphäre eben herrschenden Temperatur liegt, desto weniger ist diese im Verhältniß zu der Dampfmenge, die sie noch aufzunehmen vermag, mit Dampf erfüllt, aus diesem Unterschiede des Thaupunkts von der herrschenden Temperatur erkennen wir den Feuchtigkeitszustand der Luft oder die relative Dampfmenge. Mann kann diese wie folgt bestimmen. Es sei T die herrschende Temperatur, t der Thaupunkt, D die Dampfmenge, welche die Luft von der Temperatur T enthalten könnte, wenn sie mit Dampf gesättigt wäre (man erfährt diese aus der Tabelle), d die Dampfmenge, welche die Luft wirklich enthält und welche die Tabelle für t angiebt, so erhält man die Procente, welche die Luft von der Menge D enthält durch die Proportion $D : d = 100 : x$ und es ist also $x = \frac{100\,d}{D}$. Hat z. B. die Luft eine Temperatur von $T = 22°,4$ R., und ist der Thaupunkt $t = 9°,7$ R., so ist $D = 12''',84$, $d = 4''',99$; also $x = \frac{100.\,4''',99}{12''',84} = 39$, d. h. die Luft enthält nur erst 39 Procent von demjenigen Dampfgehalt, welchen sie überhaupt aufzunehmen vermag, bevor bei dieser Temperatur ein Niederschlag erfolgen kann.

Längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen über den Feuchtigkeitszustand der Luft besitzen wir von Neuber, welcher ein Jahr lang zu Apenrade von 7 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends alle zwei Stunden den Dampfgehalt der Atmosphäre bestimmte, von Kupffer, welcher in Petersburg ein Jahr hindurch von 8 Uhr Morgens bis Abends 10 Uhr beobachtete, endlich von Kämtz der mehre Jahre hindurch in Halle von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends fast stündlich Beobachtungen über den in der Atmosphäre enthaltenen Dampf anstellte. Kämtz beobachtete auch längere Zeit an der Küste der Ostsee und auf den Alpen das Verhalten der Dampfatmosphäre. Die von Kämtz *) in Halle erhaltenen Bestimmungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Für jede Stunde des Tages in den einzelnen Monaten eines Jahres sind erstens die absolute und zweitens die relative Dampfmenge angegeben. Die Bestimmungen für die Nachtstunden sind durch eine einfache Interpolation berechnet.

*) Vorles. über Meteor. S. 102.

Druck des Dampfes zu Halle in Pariser Linien.

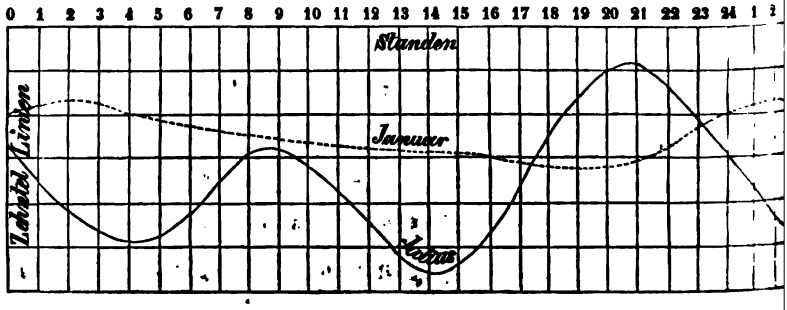
Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Stunde
Mittag	1,904	2,081	2,368	2,727	3,522	4,591	5,153	4,776	4,414	3,664	2,629	2,500	Mittag
1	1,916	2,102	2,369	2,683	3,493	4,556	5,064	4,704	4,382	3,674	2,650	2,501	1
2	1,924	2,127	2,374	2,696	3,490	4,531	5,017	4,697	4,316	3,648	2,651	2,511	2
3	1,920	2,134	2,361	2,699	3,482	4,527	4,972	4,680	4,281	3,611	2,625	2,501	3
4	1,899	2,135	2,345	2,701	3,468	4,536	4,954	4,684	4,243	3,593	2,611	2,495	4
5	1,885	2,116	2,341	2,698	3,505	4,553	4,989	4,710	4,240	3,574	2,581	2,474	5
6	1,878	2,091	2,338	2,713	3,539	4,581	5,037	4,753	4,256	3,591	2,559	2,466	6
7	1,872	2,067	2,318	2,725	3,566	4,636	5,176	4,783	4,249	3,579	2,534	2,449	7
8	1,860	2,042	2,298	2,718	3,594	4,698	5,215	4,812	4,258	3,529	2,517	2,443	8
9	1,854	2,026	2,285	2,703	3,581	4,671	5,209	4,866	4,261	3,495	2,502	2,446	9
10	1,841	2,018	2,269	2,682	3,594	4,606	5,175	4,738	4,277	3,459	2,476	2,431	10
11	1,834	2,007	2,259	2,675	3,569	4,518	5,109	4,694	4,243	3,423	2,471	2,425	11
Mitternacht	1,824	2,002	2,251	2,669	3,524	4,413	5,023	4,633	4,197	3,395	2,466	2,418	Mitternacht
13	1,815	1,996	2,242	2,655	3,464	4,325	4,944	4,571	4,134	3,366	2,461	2,414	13
14	1,812	1,986	2,228	2,630	3,408	4,280	4,899	4,530	4,062	3,333	2,456	2,412	14
15	1,811	1,971	2,214	2,605	3,373	4,280	4,909	4,529	4,004	3,296	2,451	2,410	15
16	1,809	1,951	2,198	2,591	3,374	4,349	4,971	4,581	3,985	3,265	2,446	2,405	16
17	1,805	1,933	2,188	2,603	3,413	4,430	5,071	4,679	4,014	3,256	2,441	2,396	17
18	1,800	1,921	2,190	2,640	3,470	4,503	5,180	4,782	4,082	3,298	2,437	2,392	18
19	1,799	1,919	2,206	2,695	3,549	4,631	5,302	4,908	4,186	3,322	2,449	2,386	19
20	1,797	1,925	2,242	2,773	3,624	4,625	5,370	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	20
21	1,805	1,957	2,285	2,811	3,632	4,647	5,342	5,024	4,431	3,575	2,507	2,382	21
22	1,828	1,995	2,323	2,816	3,597	4,613	5,270	4,942	4,451	3,650	2,538	2,430	22
23	1,866	2,046	2,344	2,785	3,574	4,574	5,197	4,862	4,422	3,671	2,597	2,473	23
Mittel	1,848	2,023	2,285	2,694	3,517	4,528	5,106	4,744	4,238	3,488	2,523	2,439	Mittel

Relative Feuchtigkeit in Halle.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septem-ber	October	Novem-ber	December
Mittag	82,8	74,7	69,9	59,7	57,8	59,9	55,7	54,2	61,3	69,3	80,9	84,1
1	81,0	72,8	67,5	56,8	55,5	57,5	53,3	50,8	58,9	66,7	79,7	82,6
2	80,6	72,5	67,1	56,2	53,9	55,8	52,1	49,1	57,4	66,1	79,6	82,8
3	81,4	73,2	67,0	56,3	53,3	55,1	51,2	49,3	57,1	66,5	80,2	83,2
4	82,3	75,3	67,9	57,6	53,7	56,0	51,6	50,2	57,6	68,4	81,8	84,7
5	83,9	77,5	70,4	61,6	56,2	58,4	54,2	52,1	59,5	70,8	83,4	85,5
6	85,4	79,7	73,3	62,6	59,6	61,7	57,2	55,3	63,1	74,6	84,4	86,3
7	86,1	81,0	75,3	65,8	63,4	65,6	62,3	58,7	66,8	77,5	85,4	86,7
8	86,4	81,8	77,7	69,3	67,2	70,5	67,5	62,4	71,0	79,4	86,1	87,1
9	86,5	82,8	79,1	72,1	70,7	74,2	71,2	65,5	74,8	80,9	86,7	88,0
10	87,0	83,7	80,1	74,2	73,9	76,8	74,4	69,1	78,3	82,6	87,0	88,1
11	87,0	84,0	80,7	76,0	75,7	78,6	76,9	71,5	80,4	83,5	87,3	88,2
Mitternacht	87,2	84,3	81,0	77,7	77,7	80,2	78,7	73,8	81,5	84,3	87,6	88,5
13	87,4	84,6	81,5	79,3	79,8	81,5	80,2	76,0	82,2	85,1	87,9	88,6
14	87,7	84,9	82,4	81,0	82,0	82,9	81,8	78,3	83,0	85,8	88,2	88,6
15	88,0	85,3	83,5	82,7	83,7	84,3	83,0	80,5	84,1	86,7	88,5	88,6
16	88,3	85,7	84,7	84,2	84,6	85,2	84,0	82,2	85,3	87,4	88,8	88,6
17	88,6	86,0	85,6	85,0	84,2	84,9	83,3	82,8	86,1	87,9	89,1	88,7
18	88,8	86,3	85,5	84,6	82,3	82,9	82,6	81,9	85,3	87,8	89,4	88,8
19	88,9	86,2	84,7	82,1	78,8	79,9	79,0	78,7	83,8	86,7	89,1	88,7
20	88,3	84,3	82,9	78,8	73,8	74,2	74,0	74,1	80,3	84,8	88,1	88,4
21	86,9	82,2	79,6	73,3	66,8	69,9	68,2	68,6	74,9	81,6	87,9	87,7
22	85,4	79,2	75,9	68,9	64,7	65,3	63,1	62,9	69,1	77,2	84,5	86,5
23	83,9	76,8	72,1	64,3	61,2	61,8	58,9	57,8	64,5	72,8	82,4	85,1
Mittel	85,8	81,0	77,3	71,3	69,2	71,0	68,5	66,1	72,8	78,9	85,6	86,8

Die Tabelle zeigt, daß in Halle im ganzen Jahr die Dampfmenge am kleinsten ist um die Zeit des Sonnenaufganges; es scheint, als ob dieses Minimum etwas später eintrete, als die kleinste Wärme; gleichzeitig ist dann wegen der niedrigen Temperatur die Feuchtigkeit am größten. Sowie die Sonne höher steigt und die Wärme zunimmt, beginnt der Verdunstungsproceß, die Luft erhält in jedem Momente eine größere Menge von Dämpfen; da aber letztere in der Luft einigen Widerstand bei ihrer Bildung erleiden, so entfernt sich die Atmosphäre immer weiter vom Zustande der Sättigung und die relative Feuchtigkeit wird daher kleiner. Letzteres geschieht bis etwa zu der Zeit, wo die größte Wärme eintritt; in Betreff der absoluten Dampfmenge zeigt sich jedoch eine bedeutende Verschiedenheit je nach den Jahreszeiten. Im Winter nämlich nimmt die Dampfmenge ziemlich regelmäßig bis zum Nachmittage zu; wenn dann aber später das Thermometer sinkt, so schlägt sich der Dampf zum Theil an den kälteren Gegenständen nieder, und bis zum folgenden Morgen nimmt die Dampfmenge ab, während in Folge eben dieser Wärmeabnahme die Luft relativ feuchter wird. Ganz anders ist das Verhalten im Sommer. Dann nämlich nimmt zwar die absolute Dampfmenge am Morgen ebenfalls schnell zu, aber es tritt bereits am Vormittage ein Maximum ein, welches in den verschiedenen Monaten bald früher, bald später stattfindet, und nun nimmt die absolute Dampfmenge wieder bis zur Zeit der größten Tageswärme ab, ohne jedoch einen so geringen Werth zu erreichen, als sie am Morgen hatte. Da während dieser ganzen Zeit die Wärme steigt, so versteht es sich von selbst, daß die Luft sich sehr schnell vom Sättigungspunkte entfernt. Nachdem die Dampfmenge diesen kleinsten Werth erreicht hat, nimmt sie aufs Neue zu, sie erreicht gegen Abend ein zweites Maximum, und nimmt von diesem aus bis zum folgenden Morgen ziemlich regelmäßig ab, während gleichzeitig die Luft relativ feuchter wird.

Die Zunahme und Abnahme der Dampfmenge für die Monate Januar und Juli ist in der beistehenden Zeichnung durch eine krumme Linie versinnlicht, welche entsteht, wenn man die Stundenzahl als Abscissen, die Zehntel-Linien der Tabelle als Ordinaten annimmt.



Kämtz spricht die Vermuthung aus, daß die Abnahme des Dampfes um die Mittagszeit nicht an allen Orten der gemäßigten Zone auf dieselbe Art erfolge wie in Halle. Daß sie wenigstens an den Küsten des Meeres geringer sei als im Innern Deutschlands hat Kämtz selbst aus Beobachtungen gesehen, welche er im Sommer 1837 an der Küste der Ostsee bei Treptow an der Rega anstellte, inde

n sich derselben Instrumente wie in Halle bediente. Die Resultate dieser Beobachtungen waren folgende.

Stunde	Juli		August	
	Dampf	Feuchtigkeit	Dampf	Feuchtigkeit
Mittag	5‴,046	69,3	5‴,512	65,6
1	5,046	69,0	5,479	64,9
2	5,058	70,3	5,407	63,9
3	4,979	70,1	5,557	67,5
4	4,927	71,0	5,483	68,8
5	4,905	71,9	5,484	71,2
6	4,874	73,0	5,475	73,9
7	4,847	75,6	5,417	77,6
8	4,762	79,4	5,395	81,2
9	4,716	82,1	5,312	81,5
10	4,690	84,0	5,243	82,9
11	4,633	85,2	5,159	84,5
Mitternacht	4,557	85,7	5,064	85,6
13	4,487	85,9	4,986	86,2
14	4,453	86,2	4,958	86,8
15	4,472	86,4	4,956	87,3
16	4,545	86,2	5,007	87,5
17	4,654	84,9	5,109	86,7
18	4,776	82,1	5,246	84,6
19	4,872	78,6	5,370	81 6
20	4,908	75,1	5,526	78,0
21	4,933	72,6	5,562	73,7
22	4,891	69,2	5,608	72,0
23	4,959	68,6	5,572	68,2
Mittel	4,791	77,6	5,329	77,6

Der Gang der relativen Feuchtigkeit war, wie man sieht, beinahe derselbe wie n Halle, nur daß die Differenz zwischen dem feuchtesten und dem trockensten Moente geringer ist als in Halle. Die Dampfmenge aber steigt im Juli ziemlich regelßig von Morgen bis Nachmittag; im August wird zwar um Mittag eine Abahme des Dampfes merklich, ist aber viel geringer als in Halle. Weder im uguſt noch im Juli tritt eine zweite Zunahme am Abende hervor. Die Beobchtungen von Neuber in Apenrade (an einem Meerbusen des kleinen Belt elegen) gaben ähnliche Resultate. Dove*) hat aus diesen Beobachtungen folende Größen für den Druck des Dampfes berechnet.

*) Vergl. Kämtz, Vorlesungen über Meteor. S. 106.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
7 Morgens	2‴,51	2‴,19	2‴,07	3‴,00	3‴,57	4‴,93	5‴,46	5‴,24	4‴,88	3‴,64	2‴,95	2‴,7
9 "	2,57	2,20	2,19	3,30	3,94	5,19	5,90	5,78	5,71	3,93	2,96	2,71
11 "	2,62	2,36	2,32	3,58	4,10	5,53	6,22	6,27	5,98	4,26	3,19	2,81
12 "	2,71	2,44	2,38	3,57	4,13	5,70	6,22	6,46	6,07	4,31	3,21	2,83
1 Abends	2,75	2,47	2,44	3,59	4,18	5,65	6,34	6,58	6,18	4,37	3,22	2,85
3 "	2,69	2,45	2,41	3,60	4,09	5,63	6,36	6,45	6,27	4,33	3,16	2,85
5 "	2,61	2,29	2,26	3,43	4,03	5,41	6,13	6,26	6,05	4,18	3,08	2,80
7 "	2,56	2,16	2,15	3,18	3,84	5,10	5,18	5,73	5,57	3,90	3,03	2,76
9 "	2,56	2,15	2,13	3,12	3,57	4,68	5,21	5,31	5,23	3,83	3,00	2,73
11 "	2,56	2,15	2,12	2,97	3,33	4,35	5,00	4,95	4,91	3,73	2,97	2,73

Die Abweichungen dieser Resultate von denen, welche Kämtz für Halle gefun den, sind sehr bedeutend. Während in Halle in jedem Sommermonate eine bedeutend Abnahme der Dampfmenge um die Mittagszeit stattfindet, ist hiervon in Apenrad keine Spur zu bemerken, sondern die Dampfmenge steigt und sinkt gleichzeitig m der Wärme. Die Unterschiede zwischen dem größten und geringsten Werthe sin in Apenrade weit größer als in Halle.

Den Gang der Erscheinung, wie er ihn in Halle beobachtet, erklärt Kämtz sehr anschaulich durch folgende Bemerkungen. Wir müssen den ganzen Unterschi als eine Wirkung theils des aufsteigenden Luftstroms, theils des Widerstandes an sehen, welchen die Luft der Bewegung der Dämpfe entgegensetzt. Wenn nämli am Morgen mit der Zunahme der Wärme die Verdunstung beginnt, so findet d Dampf den mehrfach erwähnten Widerstand in der Luft, und in der Nähe des Bo dens zeigt sich daher in den ersten Morgenstunden eine schnelle Zunahme der Dam menge, wie es die Beobachtungen an allen Orten zeigen. Diese Anhäufung schei sich nicht bis zu bedeutender Höhe zu erstrecken; sowie indessen namentlich im Sc mer der aufsteigende Luftstrom beginnt, so werden die Dämpfe von ihm gleichsa mit in die Höhe gerissen, desto mehr, je lebhafter er selbst ist, was besonders in die Zeit der größten Tageswärme geschieht. Obgleich daher die Verdunstung d Bodens jetzt wegen erhöheter Temperatur mit größerer Schnelligkeit erfolgt, a am Morgen, so hat doch der aufsteigende Luftstrom das Uebergewicht und es ze sich daher eine Abnahme der Dampfmenge. Wenn das Thermometer gegen Abe zu sinken anfängt, so nimmt der aufsteigende Luftstrom an Stärke ab, ja er hö endlich ganz auf. Es erfolgt nun nicht bloß ein längeres Verweilen des forwäh rend gebildeten Dampfes in den unteren Schichten, sondern dieser sinkt sogar zu Theil aus der Höhe herab und daher finden wir gegen Abend eine neue Zunahm worauf die in der Nacht erfolgenden Niederschläge, wie Thau ꝛc., Ursache der neu Abnahme bis zum folgenden Morgen sind.

Hierdurch sind aber die Abweichungen in Apenrade und Deep bei Irvin nicht erklärt. Sie erklären sich aber ganz einfach aus dem Umstande, daß diese Or am Meere gelegen sind, während Halle im Innern des Continents sich befind und beweisen das unterschiedene Verhalten des Seeklima's von dem Continenta

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 107.

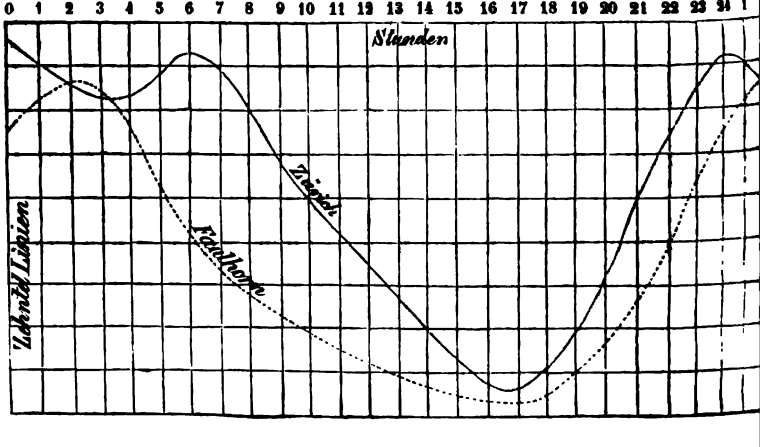
klima in Bezug auf den Gang des Dampfgehalts der Atmosphäre. Wo eine verhältnißmäßig große Wassermasse vorhanden ist, da muß der Verdampfungsprocess unter dem Einflusse der Tageswärme ungleich größer sein als da, wo das Wasser in viel geringerer Quantität und Ausbreitung zugegen. Wie Kämtz sagte, so findet zur Zeit der größten Tageswärme zweierlei statt: erstens Vermehrung der Dampfentwicklung, zweitens Erzeugung eines aufsteigenden Luftstromes, welcher die Ausbreitung des vorhandenen Dampfes nach der Höhe begünstigt. Das erste Moment wirkt vermehrend, das zweite vermindernd auf den Dampfgehalt eines bestimmten Volumens der Luft. Ueber dem Continentalklima prävalirt das zweite Moment, in dem Seeklima das erste, besonders auch deshalb, weil in Folge des aufsteigenden Stromes über dem Lande von dem kühleren Meere die mit Dämpfen reich geschwängerte Luft als Seewind nach dem Lande hin sich bewegt, und so wird hier zur Zeit der größten Tageswärme Vermehrung, dort Verminderung des Dampfgehaltes der Luft nothwendig eintreten.

Die Richtigkeit seiner Annahme über die Ursache der täglichen Variation des Dampfgehaltes findet Kämtz in seinen hygrometrischen Beobachtungen an hochgelegenen Orten. Während nämlich in geringer Höhe die Dampfmenge um Mittag ebenso abnimmt, als Kämtz für Halle angab, finden wir an den obern Punkten im Laufe des Tages eine schnelle Zunahme und am Abend eine schnelle Abnahme der Dampfmenge, beides, wie es scheint, desto mehr, je höher der Punkt liegt. Kämtz hat im Juni 1832 und 1833 auf dem Rigi (5500 Fuß) und im September und October derselben beiden Jahre auf dem Faulhorne (8200 Fuß) das Hygrometer stündlich beobachtet, während Horner dasselbe in Zürich that. Die Mittel beider Jahre ergeben für relative und absolute Feuchtigkeit die folgenden Größen:

Stunde	Zürich		Rigi		Zürich		Faulhorn	
	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.
Mittag	4‴,840	58,9	3‴,344	80,3	4‴,445	64,0	2‴,156	73,4
1	4,870	58,7	3,322	78,2	4,370	60,7	2,232	75,7
2	4,898	58,6	3,291	78,6	4,375	59,2	2,256	77,0
3	4,838	60,0	3,280	79,8	4,331	57,9	2,286	80,7
4	4,864	60,9	3,211	81,2	4,278	58,8	2,189	80,8
5	4,950	63,8	3,131	82,7	4,372	63,6	2,046	80,5
6	4,977	66,6	3,096	85,2	4,418	69,5	1,914	78,5
7	4,971	71,4	3,031	85,7	4,370	74,1	1,843	77,6
8	5,025	76,3	2,966	86,4	4,281	76,7	1,776	76,1
9	5,010	79,6	2,971	87,3	4,185	78,7	1,741	75,8
10	4,935	81,7	2,950	87,8	4,097	80,4	1,710	75,0
11	4,900	83,8	2,919	87,8	4,026	81,6	1,683	74,4

Stunde	Zürich		Rigi		Zürich		Faulhorn	
	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.
Mitternacht	4‴,854	85,3	2‴,896	87,7	3‴,962	82,4	1‴,654	73,7
13	4,801	86,7	2,874	87,7	3,893	83,1	1,622	73,0
14	4,748	87,7	2,850	87,6	3,818	83,8	1,591	72,6
15	4,705	89,0	2,821	87,5	3,746	84,8	1,565	72,2
16	4,683	90,0	2,795	87,5	3,689	85,7	1,550	72,1
17	4,687	89,7	2,778	87,0	3,680	86,4	1,550	71,9
18	4,740	86,9	2,847	85,7	3,716	86,8	1,559	71,4
19	4,822	82,4	2,909	84,6	3,757	84,5	1,607	70,6
20	4,935	76,9	2,996	83,4	3,931	80,6	1,678	69,4
21	4,902	69,9	3,111	81,2	4,162	76,2	1,773	69,3
22	4,910	65,1	3,222	81,1	4,223	70,4	1,894	71,4
23	4,899	61,7	3,293	81,5	4,329	67,1	2,050	71,4
Mittel	4,865	74,6	3,037	84,3	4,102	74,8	1,830	74,4

Vergleichen wir zunächst die absolute Dampfmenge in Zürich und auf d Rigi, so ist der Druck der Dampfatmosphäre an beiden Orten um die Zeit d Sonnenaufganges am kleinsten und erreicht in der Tiefe um etwa 9 Uhr Morge einen größten Werth; hierauf folgt eine schwache Abnahme derselben, so daß d um etwa 3 Uhr eine Größe finden, welche etwa 0‴,1 kleiner ist als am Morg indem die Dampfmenge aufs Neue zunimmt, tritt um die Zeit des Sonnenunt ganges ein zweiter größter Werth ein, und nun nimmt die Menge des Dam ziemlich regelmäßig bis zum folgenden Morgen ab. Auf dem wenige Stun entfernten, aber über 4000 Fuß höher liegenden Rigi fehlt diese Abnahme um Mittagszeit gänzlich, der aus den Ebenen schnell in die Höhe geführte Dampf Ursache, daß seine Menge bis zum Mittage zunimmt, und wenn gleich am A auch hier die Dämpfe aus den oberen Schichten in die Tiefe sinken, so geben doch von diesem Punkte sogleich weiter nach unten. Noch entschiedener zeigen d ses die Beobachtungen auf dem Faulhorne, wo der größte Druck des Dampfes einige Stunden nach dem Mittage eintritt. Untenstehende Figur enthält eine g phische Darstellung der gleichzeitigen Verhältnisse in Zürich und auf dem Faulho



Gemäß dem unterschiedenen Verhalten der hochgelegenen Orte im Vergleich mit den niedrig gelegenen in Bezug auf die absolute Dampfmenge findet auch in Betreff der relativen Feuchtigkeit ein Unterschied statt. Da sich nämlich der den Niederungen durch die aufsteigenden Luftströme entzogene Dampf in die Höhen erhebt, so muß hier eine größere Gleichmäßigkeit des Feuchtigkeitszustandes herrschen als dort, und zwar muß diese Gleichmäßigkeit mit der Erhebung über den Meeresspiegel zunehmen. Endlich muß man überall bei der Erhebung in eine Region der Atmosphäre gelangen, in welcher gar kein täglicher Wechsel im Feuchtigkeitszustande während des Verlaufs eines Tages stattfindet.

Noch größer als im Verlaufe eines Tages muß der Dampfgehalt der Atmosphäre im Laufe eines ganzen Jahres variiren, da ja auch die bedingende Ursache, die Temperatur, im Verlaufe eines Jahres noch weit stärkeren Wechseln unterworfen ist als in der Dauer eines Tages. Kämtz*) hat in Halle folgende absolute und relative Dampfmengen für die einzelnen Monate als deren Mittel gefunden.

Monat	Absolut	Relativ
Januar	1‴,999	85,0
Februar	2,105	79,9
März	2,264	76,4
April	2,769	71,4
Mai	3,474	69,1
Juni	4,537	69,7
Juli	5,154	66,5
August	4,744	66,1
September	4,238	72,8
October	3,488	78,9
November	2,502	85,3
December	2,482	86,2

Im Januar, wo die Wärme am kleinsten ist, finden wir in der Luft die kleinste Dampfmenge, gleichzeitig aber erreicht die relative Feuchtigkeit nahe ihren größten Werth. Sowie die Wärme im Winter und Frühling steigt, nimmt die Dampfmenge wegen der vermehrten Verdunstung zu. Dieses geschieht anfänglich langsam, zum Theil wohl deshalb, weil dann häufig Ostwinde wehen, die aus dem Innern des Festlandes trockene Luft herbeiführen. So erreicht die Dampfmenge ihren größten Werth im Juli und gleichzeitig ist dann die Luft am trockensten. Wenn nun die Wärme gegen den Winter hin abnimmt; so vermag sie nicht mehr so viel Dämpfe zu entwickeln, als sich im Regen, Thau ꝛc. niedergeschlagen haben, ihre Menge nimmt also bis zum Ende des Jahres ab, gleichzeitig aber nimmt die Feuchtigkeit sehr schnell zu und scheint im November und December sogar größer zu sein als im Januar: eine Thatsache, welche auch durch das unfreundliche, naßkalte Wetter dieser beiden Monate erwiesen wird.

Denselben einfachen Gang der absoluten Dampfmenge in Uebereinstimmung mit dem jährlichen Gange der Temperatur findet man an allen Orten, an denen man Beobachtungen über dieselbe angestellt hat. Ueberall liegt das Maximum der

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 111.

Dampfmenge in den wärmsten Sommermonaten (Juli oder August). In der nachfolgenden Tabelle sind solche Beobachtungen zusammengestellt. Die Angaben sind in französischen Linien, mit Ausnahme der Beobachtungen in Petersburg, Lugan, Slatust, Bogoslowsk und Catharinenburg, welche auf englische Linien sich beziehen. Der Uebersicht wegen sind die Angaben der absoluten Dampfmenge für Halle in diese Tabelle nochmals mit aufgenommen.

	Halle	Jena	Neuenahr	London	Petersburg	Lugan	Slatust	Bogoslowsk	Catharinenburg	Calcutta	Benares	Nasirabad	Seringapatam
Breite					59° 57′	48° 35′	55° 11′	59° 45′	56° 50′				
Länge P					27° 59′	37° 1′	57° 25′	57° 39′	58° 14′				
Monat													
Januar	1,999	1,955	2,335	2,82	1,06	0,68			0,65	4,53	4,64	2,278	5,179
Februar	2,105	2,110	2,235	2,89	1,19	1,22			0,67	5,88	4,69	2,416	5,922
März	2,264	2,118	2,573	3,38	1,45	1,54			0,98	7,25	4,94	2,476	6,113
April	2,769	2,446	3,495	3,84	1,87	1,82			1,14	8,35	5,37	2,701	7,633
Mai	3,474	3,703	4,280	4,19	2,33	3,44			1,82	10,59	6,91	2,973	7,633
Juni	4,537	4,134	5,435	5,05	3,09	4,43		3,51	3,05	10,69	10,69	6,573	7,397
Juli	5,157	4,916	6,133	5,56	3,90	4,84	3,90	4,03	3,80	10,64	11,09	8,568	7,161
August	4,744	4,419	5,968	5,78	4,07	4,26	3,92	3,76	3,63	10,74	11,66	8,523	6,687
September	4,238	4,091	5,525	5,28	3,41	2,83	2,71	2,22	2,46	10,15	10,66	7,239	6,687
October	3,488	2,954	4,338	4,15	2,29	2,47	1,53	1,77	1,61	9,38	8,99	3,771	7,161
November	2,502	2,277	2,902	3,55	2,12	1,87	1,09	1,15	1,13	6,45	6,19	3,232	6,633
December	2,482	2,175	2,790	3,28	1,27	1,58	0,74	0,54	0,71	5,62	4,42	2,780	5,848
Mittel	3,31	3,118	4,00	4,147	2,33	2,58			1,80	8,35	7,55	4,47	6,67
Unterschied	3,16	2,96	3,90	2,96	3,01	4,16	3,16	3,49	3,15	6,21	7,27	6,35	2,45

Diese Tabelle giebt Dove*) zu den Bemerkungen Veranlassung: 1) In der Zone der Moussons**) steigt in den Sommermonaten die Elasticität der Dämpfe so plötzlich, daß die unverhältnißmäßige Zunahme einer fremden Ursache, dem Eindringen des feuchten SW. Mousson zuzuschreiben ist. 2) In der gemäßigten Zone nimmt die Elasticität der Dämpfe mit der Entfernung von der Küste immer mehr ab und scheint sich in der jährlichen Periode desto stärker zu ändern, je weiter man in das Innere der Continente vordringt.

Ohne Zweifel haben locale Verhältnisse (die Beschaffenheit der festen Erdoberfläche und die Vertheilung von Wasser und Land) den größten Einfluß auf den absoluten und relativen Dampfgehalt der Luft über diesen Orten. Der klimatische Charakter einer Gegend und die Beschaffenheit der ihm eigenthümlichen Thier- und Pflanzenwelt, sowie das Wohlbefinden der Menschen (die Krankheitsverhältnisse) in solchen Gegenden, ja sogar die Betriebsamkeit derselben hängen mit dieser Beschaffenheit der Luft aufs Innigste zusammen. — Im Allgemeinen ist es außer Zweifel, daß die absolute Menge des in der Luft enthaltenen Dampfes desto größer ist, je größer die Wärmeentwicklung über einer Gegend ist, daß also dieselbe unter dem Aequator am größten ist und von da bis zu den Polen hin abnimmt. Die relative Feuchtigkeit braucht aber nicht in gleichem Verhältnisse abzunehmen, wie

*) Dove, Repert. Bd. IV. S. 266.

**) Derselben gehören unter den Orten der Tafel an: Calcutta, Benares, Nasirabad, Seringapatam und Ponah.

die Wärme der Luft eine größere Fähigkeit mittheilt, Dampf in sich aufzunehmen. Es kann demgemäß die Atmosphäre in kälteren Gegenden feuchter sein als in wärmeren, obgleich die absolute Dampfmenge dort größer ist als hier. Ueber dem offenen Meere ist, wie es scheint, die Dampfmenge in der Luft stets mit Dämpfen von Meerwasser gesättigt. Kämtz*) hat hierüber interessante Bemerkungen gemacht. Das Meerwasser enthält bekanntlich eine größere oder geringere Menge von Salzen und diese treten dem Verdampfungsproceß dergestalt hemmend entgegen, daß sich aus Meerwasser nur so viel Dampf entwickelt, wie aus reinem Wasser, welches um ungefähr 3°,5 kälter ist. Die Erfahrung lehrt aber, daß über dem Meere der Thaupunkt durchschnittlich um dieselbe Größe unter der Temperatur des Meerwassers liegt. Auf dem Festlande nimmt der Dampfgehalt mit der Entfernung von den Küsten ab, d. h. je größer diese, desto kleiner ist jener. Im Innern großer Continente herrscht daher große Trockenheit. So fanden v. Humboldt**) in den Ebenen Sibiriens und d'Abbadie***) in Abyssinien eine außerordentliche Trockenheit (obschon hier Wasseransammlungen in der Nähe waren). Im Innern der Vereinigten Staaten in Nordamerica, in der Wüste Asiens und Africa's und im Innern Neuhollands macht man dieselbe Erfahrung.

Man hat, gestützt auf Bemerkungen von Saussure, Deluc und Humboldt, im Allgemeinen angenommen, daß die Feuchtigkeit der Luft in der Höhe in weitem geringer sein müsse als an niedrig gelegenen Orten. Es ist auch gewiß, daß die Dampfatmosphäre ebenso wie die Luftatmosphäre mit der Höhe an Dichtigkeit abnehmen müsse, und da das Wasser, aus welchem sich der Dampf entwickelt, den Niederungen zuströmt, so muß man hier auch die größte Dampfmenge erwarten. Die relative Feuchtigkeit ist jedoch nicht bloß, wie wiederholt bemerkt wurde, von der Quantität des vorhandenen Dampfes abhängig, sondern auch von der Fähigkeit der Luft Dampf zu absorbiren, und diese ist desto größer, je höher die herrschende Temperatur ist. Da nun die Temperatur mit der Höhe abnimmt, der Dampf aber aus den Niederungen emporsteigt, so kommt es nur darauf an, ob die Temperaturabnahme in der Höhe verhältnißmäßig schneller erfolgt als die Abnahme der in der Luft enthaltenen Dampfmenge, um eine größere Feuchtigkeit in der Höhe zu erzeugen, als in den niedern Gegenden herrscht. Neuere Beobachtungen von Kämtz†) bestätigen dies. Derselbe gelangte durch seine Beobachtungen in den Alpen zu der Ansicht, daß im Ganzen die Luft der höheren Schichten wenigstens ebenso feucht sei als in den Tiefen. Die Zeit, während welcher Kämtz im Jahre 1832 auf dem Faulhorne verweilte, zeichnete sich durch große Heiterkeit aus, nur an wenigen Tagen war der Himmel bewölkt, oder der Beobachter von Nebeln eingeschlossen. Dagegen war das Ende des Sommers 1833 hier, sowie in ganz Deutschland sehr naß und nur selten sah Kämtz mehrere Stunden hinter einander die Sonne; heftige Regengüsse und starkes Anschwellen der Flüsse richteten in der Schweiz vielen Schaden an. Die relative Feuchtigkeit war im Jahre 1832 in Zürich 74,4, auf dem Faulhorne 63,3; im Jahre 1833 in Zürich 75,3, auf dem Faulhorne 85,5. Während also in dem ersten dieser Jahre die Luft in

*) Pogg. Ann. Bd. XXX. S. 62. Kämtz, Vorles. üb. Meteorol. S. 113.
**) Pogg. Ann. Bd. XXIII. S. 102.
***) Pogg. Ann. Bd. LVIII. S. 574.
†) Vorlesungen üb. Meteor. S. 117. Vergl. Pogg. Ann. Bd. XXX. S. 55.

der Höhe weit trockener war als in der Tiefe, fand im folgenden das Gegentheil statt, aber es war vorzugsweise in der Höhe, wo sich der verschiedene Charakter bei der Witterungen zu erkennen gab. Die erste Betrachtung, welche sich darbietet, um diese Ungleichheit der relativen Feuchtigkeit zu erklären, ist die Annahme, daß die Elasticität des Dampfes bei trockenem Wetter schneller nach oben abnimmt, als bei feuchtem; doch scheint dieser Umstand allein nicht die ganze Verschiedenheit zu bedingen, denn im Jahre 1832 war der Druck der Dampfatmosphäre auf dem Faulhorne 1‴,662, in Zürich 3‴,900; die Messungen des Jahres 1833 gaben diesen Größen die Werthe 1,998 und 4,305, während also in dem trockenen Jahre 1832 die Dampfmenge auf dem Faulhorne 0,43 von der in Zürich ist, beträgt sie in dem nassen Jahre 1833 0,46 derselben; und wenn sich hier gleich eine Zunahme in dem letztern Jahre zeigt, so ist diese doch zu gering, um die oben erwähnte bedeutende Differenz zu bedingen. Weit einflußreicher zeigt sich das zweite hierbei wirksame Element, nämlich die Temperatur. Diese betrug im Jahre 1832 in Réaumurschen Graden in Zürich 10°, 14, auf dem Faulhorne 1°, 97; im Jahre 1833 in Zürich 11°, 34, auf dem Faulhorne 0°, 41; im erstern Jahre mußte man sich um 148 Toisen erheben, wenn die Wärme um 1° R. sinken sollte, im zweiten betrug diese Größe nur 105 Toisen; es wird hiernach also sehr wahrscheinlich, daß die Wärme sich bei heiterem Wetter nach der Höhe weit langsamer ändere, als bei trübem, ja daß in dieser durch Winde und andere Umstände bewirkten Verschiedenheit selbst einer der wichtigsten Gründe für die Ungleichheit im Aussehen des Himmels liegt.

Wir haben in dem Vorstehenden von der chemischen Beschaffenheit der Atmosphäre der Erde und von den physikalischen Eigenschaften derselben soweit gesprochen, als dies nöthig war, um im Allgemeinen die Vorstellung von derselben zu stellen. Ueber die Bewegungen in der Atmosphäre und deren Wirkungen in Bezug auf Aenderungen im Drucke und in dem Dampfgehalt (s. Wind), über die Wirkung der Atmosphäre auf das durch sie hindurch gehende Licht (s. Strahlenbrechung), über die Farbe derselben (s. Farbe des Himmels und Dämmerung), über die Temperaturverhältnisse in derselben (s. Temperatur) und sowie in Betreff der einzelnen in ihr vorkommenden Erscheinungen auf die einzelnen diese Gegenstände behandelnden Artikel verwiesen werden, und nur die Bemerkung mag hier noch Platz finden, daß die Atmosphäre der Sitz aller Meteore, daher man die Lehre von diesen, die Meteorologie, auch Atmosphärologie genannt hat.

II. Atmosphäre der Sonne.

Die Frage, ob die Sonne eine Atmosphäre habe oder nicht, ist noch nicht entschieden. Cassini beobachtete 1683 zuerst das Thierkreislicht (s. d. A.) und meinte, wie nach ihm viele Andere, daß dasselbe die Atmosphäre der Sonne sei. Dieses Thierkreislicht erstreckt sich bis weit über die Erdbahn hinaus. Nach dem schon unter dem Art. Atmosphäre der Erde erwähnten von Laplace angegebenen Mittel, die größtmögliche Höhe der Atmosphäre eines Weltkörpers zu bestimmen, nämlich als Grenze die Entfernung anzunehmen, wo die Centrifugalkraft der Schwere das Gleichgewicht hält, müßte aber die Grenze der Atmosphäre der Sonne zugleich die Bahn eines Planeten sein, dessen Umlaufszeit der Zeit gleich wäre, in der sich die Sonne um ihre Axe bewegt, also 25½ Tage. Hiernach kann die Sonnenatmosphäre nicht bis an die Bahn des Merkur (der über 87 Tage

Vollendung seiner Bahn braucht) reichen*). Das Thierkreislicht wäre hiernach also nicht die Atmosphäre der Sonne. Vergl. auch d. Art. Sonne.

III. Atmosphäre des Mondes.

Auch vom Monde weiß man noch nicht gewiß, ob er eine Atmosphäre habe oder nicht. Viele sind schon deswegen geneigt, eine Atmosphäre des Mondes anzunehmen, weil sie glauben, daß auf demselben alles ähnlich wie auf der Erde sei. Bei der totalen Sonnenfinsterniß im J. 1715 wollte Louville Blitze auf dem dunkeln Monde gesehen haben und schloß daraus mit großer Zuversicht auf das Vorhandensein einer Atmosphäre des Mondes. Die Erscheinung, welche Louville beobachtete, war aber entweder eine Täuschung der Augen oder eine Erscheinung in der Erdatmosphäre, wie auch die Sternschnuppen nicht von den Sternen abstiegen. Die Blitze müßten ungeheuer sein, die in einer so großen Entfernung noch wahrgenommen würden. Ferner hat man bei Sonnenfinsternissen zuweilen (z. B. bei der erwähnten von 1715) einen hellen Ring um den Mond bemerkt und diesen für die Atmosphäre desselben angesehen. Allein dieser Ring entsteht nach Bode**) in unserer Atmosphäre. Da nämlich der Schatten des Mondes immer nur einen kleinen Theil unserer Atmosphäre bedeckt, so sehen wir, wenn wir das Auge auf die verfinsterte Sonne richten, zugleich auf die benachbarten erleuchteten Theile unserer Atmosphäre, in welcher die Dünste, die das Licht zurückwerfen, uns ebenso wie die Sonnenstäubchen in dem Lichtstrahle, welcher in ein übrigens dunkles Zimmer fällt, erleuchtet erscheinen. Je mehr die Luft mit Dunsttheilchen erfüllt ist, desto stärker wird jener Ring zu sehen sein. Ueberdies müßte die Atmosphäre des Mondes sehr groß sein, wenn sie uns in jenem Ringe erscheinen sollte, da bei allen andern Beobachtungen kann aber die Atmosphäre des Mondes, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nur sehr gering sein. Während nämlich ein Fixstern, an welchem ein der uns näher stehenden Planeten (Venus oder Mars) vorübergeht, nach und nach schwächer gesehen wird, je näher ihm der Planet tritt, also allmälig von der Atmosphäre des Planeten verdunkelt wird; wird ein Fixstern, an dem der Mond vorübergeht, beim Annähern desselben nicht im geringsten getrübt, sondern verschwindet plötzlich hinter dem Rande des Mondes und tritt dann eben so plötzlich in seinem vorigen Glanze auf der andern Seite des Mondes wieder hervor. Doch wäre es möglich, daß der Mond eine Atmosphäre hätte, nur müßte dieselbe viel schwächer und niedriger als die der Erde sein. Das letztere würde übrigens auch jedenfalls der Fall sein müssen, da der Mond ein so viel kleinerer Körper ist als die Erde. Die Mondatmosphäre ist besonders durch Schröter***) vertheidigt worden. Schröter hat nämlich kurz vor und nach dem Neumonde über die Spitzen des Mondes hinaus ein mattes Zwielicht entdeckt und aus die Höhe der Atmosphäre des Mondes, die noch stark genug ist, das Licht zurückzuwerfen, zu 800 Fuß berechnet. Die beobachtete Erscheinung beschreibt er folgendermaßen: „Mit völliger Deutlichkeit und Schärfe liefen beide Hörnerspitzen sehr fein und matt, fast gar nicht unterbrochen, ab, von der dunkeln Seite war aber noch nichts zu bemerken. Auf einmal aber fing die dunkle Halbkugel, aber bloß am Rande und bloß an beiden Hörnerspitzen, auf einige Grade weit an sich zu

*) Laplace, Exposit. de système de monde. Liv. IV. ch. 9.
**) Astron. Jahrb. 1820. S. 193.
***) Selenotopographische Fragmente. Göttingen 1791. 2 Bde.

entwickeln; dieser Rand hatte eine ganz andere Farbe als die äußersten Hörnerspitzen und fiel, ganz wie es die Dämmerung fordert, immer matter ab. Von der ganzen übrigen dunkeln Halbkugel war nichts zu sehen und erst acht Minuten später ward (bei abnehmender Tageshelle) der übrige Rand der dunkeln Halbkugel sichtbar." Auch erscheinen die Berge des Mondes in einem matteren Lichte, wenn sie nahe an der Lichtgrenze liegen, wo ihnen die Sonne eben auf- oder untergeht, als wenn sie tief in der beleuchteten Seite des Mondes liegen, weil die Sonnenstrahlen dort einen längeren Weg durch die untere dichtere Atmosphäre des Randes nehmen müssen, während sie dieselbe in einer darauf senkrechten Richtung auf einem viel kürzeren Wege durchschneiden. Endlich hat man auch, obwohl nur schwache Andeutungen an der Oberfläche des Mondes bemerkt, die unseren Wolken ähnlich zu sein scheinen und die Gestalt und Farbe der Flecken und Berge oft so ändern, daß die Schatten der letzteren auf die Seite, auf welcher die Sonne steht, zu fallen scheinen, durch welches alles die Existenz einer, obschon schwachen und sehr feinen Mondatmosphäre sehr wahrscheinlich wird. So bemerkte Schröter in einer Gegend des mare crisium, daß ein kleiner länglicher Berg, den er schon oft daselbst beobachtet, sich auf einmal in einen runden Kraterberg verwandelt hatte. Bei der nächsten Beobachtung fand er indeß den ehemaligen länglichen Berg wieder und jetzt zeigte sich ihm dieser Gegenstand, außer noch andern kleinen Umständen, wieder in der Kraterform. Oft wechselten diese Erscheinungen binnen 15 Stunden, so daß früh der längliche Berg, Abends der Krater zu sehen war. An einen Einfluß des Sonnenstandes war also dabei nicht zu denken. Auch bemerkte Schröter in der Nachbarschaft dieses Punktes noch andere Veränderungen, z. B. eine graue bedeckende ähnliche Masse in einer sonst nur als Ebene bekannten Gegend; zu einer andern Zeit einen schwarzen Schatten auf ungewöhnliche Weise in einem Krater und endlich der unerwartete Lichtstreifen durch die ganze graue Fläche des mare crisium (vergl. m. Schröter nimmt nun an, daß jener Berg wirklich ein Krater sei, der aber durch Verdichtungen der Mondatmosphäre, die in seiner Nähe sehr hell zu sein scheinen, jenes veränderliche Ansehen erhält. Diese Verdichtungen sind oft nur bloße Rauchwolken sein, die aus der Tiefe der Krater emporsteigen und dann neben ihnen lagern. Auch der Berg de la Hire des Regenmeeres zeigt ähnliche veränderliche Gestalten. Oft scheinen sich die Wolken der Mondatmosphäre, jetzt nur in den niedrigern Gegenden, über bedeutende Flächen zu erstrecken. So scheint z. B. die mehr als 100 Geviertmeilen große Fläche Cleomedes zu einer hell, zu einer andern bei dem nämlichen Stande der Sonne grau. In einigen Gegenden scheinen diese Veränderungen bloß nach Sonnenuntergang stattzufinden. Der äußerst helle Fleck Proklus ist fast nie in der Nachtseite des Mondes aufzufinden, ungeachtet man in dieser andere, weniger helle Flecke deutlich wahrnehmen kann. Er scheint also während der Nacht des Mondes durch eine Verdichtung der Atmosphäre verhüllt zu werden, auf die Art, wie manche Erdgegenden zur Nachtzeit ein dichter Nebel bedeckt. Diese Mondnebel werden auch noch dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, daß manche Berge und Krater ihre eigentliche Form erst eine Zeit nach dem Aufgang der Sonne annehmen. Sie sind also früher durch Mondnebel verhüllt.

Bessel*), welcher diesen Gegenstand nochmals aufs gründlichste unterso-

*) Popul. Vorlesungen üb. wissenschaftliche Gegenstände. Nach dessen Tode herausgegeben von H. C. Schumacher. Hamb. 1848. Dritte Vorlesung.

hat, sagt, daß man, um dem Monde eine Atmosphäre zuzuschreiben, dieselbe entweder als unfähig, die Strahlen zu brechen, annehmen oder behaupten müsse, daß der Rand des Mondes mit Bergen besetzt und deren Höhe so beträchtlich sei, daß die Sterne, indem sie an dem Rande des Mondes verschwinden und wieder erscheinen, durch eine schon so verdünnte Schicht der Atmosphäre gesehen werden, daß sie daselbst keine merkliche Refraction mehr erleiden. Die erstere Annahme nun verstößt jedoch zu sehr gegen die Analogie aller uns bekannten Flüssigkeiten, als daß man sie für richtig zu halten geneigt sein könnte, die letztere Annahme ist von den Vertheidigern der Mondatmosphäre wirklich gemacht worden, ohne aber zugleich auch an das Mariotte'sche Gesetz zu denken. Bessel zeigte nämlich, daß, wenn die Atmosphäre des Mondes der der Erde qualitativ gleich sei, die Dichtigkeit jener nur $^1/_{968}$ der Dichtigkeit unserer Luft betragen könne. Aber auch die Annahme anderer Gasarten, die in Bezug auf Strahlenbrechung untersucht sind, sowie anderer Temperaturen, gaben dem obigen ähnliche Resultate; so z. B. Sauerstoffgas $^1/_{862}$. Hieraus schon erhellet, daß das Dasein einer, wenn auch unerheblich dichten Atmosphäre, an der wahren Oberfläche des Mondkörpers nicht so leicht aufgegeben werden könne, als die Vertheidiger der Aehnlichkeit des Mondes mit der Erde geglaubt haben. Bessel aber weiß keinen andern Ausweg, dem Monde eine Atmosphäre zu retten, als von dieser anzunehmen, sie sei eine nicht strahlenbrechende. Die Ansicht Mädler's*) über die Atmosphäre des Mondes ist, daß der Mangel einer solchen nicht anzunehmen sei, daß dieselbe sich aber nach Qualität und Quantität zu gering zeige, um in gewöhnlichen Fällen durch Refraction oder Schwächung des Lichtes der Objecte auffallend bemerklich zu werden. (Vgl. Jahn's Geschichte der Astron. vom Anfang des 19. Jahrh. u. s. w. (Leipz. 1844), I. S. 171—175. J.

IV. Atmosphäre der Planeten und Kometen.

Das Vorhandensein der Atmosphäre bei den Planeten leidet im Allgemeinen keinen Zweifel. Nicht nur führt auf dieselben die Analogie mit der Erde, sondern sind auch durch Beobachtungen bei mehren Planeten Atmosphären nachgewiesen. Man erst in neuester Zeit, nämlich im Mai 1849 während der untern Conjunction der Venus mit der Sonne, hat Mädler**) aus selbst angestellten Beobachtungen der Venusgestalt hinsichtlich einer hierbei bemerkten merkwürdigen Erscheinung mit ziemlicher Zuverlässigkeit die Existenz einer strahlenbrechenden Venus-Atmosphäre nachgewiesen und zugleich durch Rechnung gefunden, daß die Horizontalfraction auf der Venusoberfläche 0° 43′ 42″ betrage und demnach etwa um ein Achtheil stärker als die in der Erdatmosphäre sei. (S. d. Art. Planeten.) Noch gewisser sind die Atmosphären der Kometen, da schon der Augenschein zeigt, daß diese Weltkörper von einer verhältnißmäßig außerordentlich großen Dunsthülle umgeben sind. (S. d. Art. Kometen.) Die Monde der Planeten zeigen zum Theil einen so unregelmäßigen Lichtwechsel, daß man das Dasein von Atmosphären um dieselben anzunehmen geneigt ist. J.

Atmosphärologie, s. Atmosphäre (S. 560) und Meteorologie.

Atome (v. d. griech. *ἄτομος*, unzerschneidbar) nennt man die kleinsten Theile

*) W. Beer und J. G. Mädler: Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen ꝛc. Berlin 1837.

**) Astron. Nachr. von Schumacher, Nr. 679. S. 107 u. 108.

der Materie, aus welchen man sich diese zusammengesetzt denkt und die man als nicht weiter theilbar betrachtet. Die Meinung, daß alle Materie aus solchen kleinen Theilchen zusammengesetzt sei, ist sehr alt. Schon Moschus, der vor dem trojanischen Kriege gelebt haben soll, soll dieselbe gehabt haben; durch Leukipp (510 v. Chr.) und Demokrit (494 v. Chr.) wurde sie jedoch hauptsächlich zuerst ausgebildet. Der letztere bestritt den Lehrsatz der eleatischen Schule, daß die Materie bis ins Unendliche theilbar sei, indem er die Behauptung aufstellte: wenn die Theilbarkeit bis ins Unendliche gehe, so müsse man zuletzt zu Theilchen gelangen, die gar keine Ausdehnung mehr hätten und aus solchen Theilchen würde niemals ein Körper von bestimmter Ausdehnung und Gestalt entstehen können. Er nahm deshalb die Existenz kleinster Theile an, die zwar nicht weiter getheilt werden könnten, die aber noch Ausdehnung und Form besäßen, und lehrte, daß aus solchen verschiedenartigen Theilchen die ganze Welt (die Seele aus Atomen feinerer Art) zusammengesetzt sei. Diese Atomenlehre (Atomistik oder Corpuscular-philosophie) wurde von Epikur und Lukrez mit einigen Veränderungen weiter fortgeführt und fand durch das ganze Mittelalter hindurch, bis zu Descartes, Gassendi, Newton, Le Sage u. A. eifrige Anhänger und wurde von Gassendi sogar auf die Erklärung der verschiedenen Töne, von Wärme, Licht, Kälte ꝛc. angewandt, die er ebenfalls aus Atomen, denen er eine bestimmte Form beilegte, zusammengesetzt betrachtete. Man hielt in älterer Zeit die Atome für gleichartige Stoffe und erklärte sich die Verschiedenheit der Naturkörper einzig und allein aus der verschiedenen Gestalt und der verschiedenen Aneinanderfügung der ersteren; in neuerer Zeit hat man jedoch die verschiedene chemische Beschaffenheit der Körper auch auf deren Atome übertragen und denkt sich nur gewisse physikalische Eigenschaften, wie Farbe, Dichtigkeit, Elasticität, Krystallform, die verschiedenen Aggregatzustände als eine Folge der verschiedenen Form und Aneinanderfügung der Atome. Seitdem man das Gesetz der multiplen Proportionen entdeckt und das Wort Atom mit Aequivalent (Mischungsgewicht) als gleichbedeutend betrachtet, und seitdem man von einfachen und zusammengesetzten Atomen spricht, ist die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Atom fast gänzlich untergegangen und die alte Atomlehre ist in eine neuere Atomistik umgewandelt worden, die man zum Unterschiede von jener die Atomtheorie nennen kann, deren Urheber Dalton ist, indem er zuerst das von Wenzel, Bergmann und namentlich von Richter entdeckte Gesetz der Aequivalente, sowie das von Proust nachgewiesene und von ihm allgemeiner festgestellte Gesetz der multiplen Proportionen unter Voraussetzung der Existenz von Atomen zu erklären versuchte*). Diese Atomtheorie fand eine weitere Ausbildung und eine allgemeinere Anerkennung, nachdem Gay-Lussac im J. 1809 das Gesetz der Vereinigung der Körper nach gleichen- oder multiplen Volumen entdeckt und Berzelius in der größten Ausdehnung die chemische Constitution der Körper erforscht und nachgewiesen hatte, wie man mittelst guter Analysen von einigen Salzen mit Genauigkeit die Zusammensetzung fast aller anderen berechnen könne, wozu Mitscherlich später noch die wichtige Entdeckung hinzufügte, daß dieselbe Anzahl von Atomen, auf gleiche Weise mit einander verbunden, dieselbe Krystallform hervorbringe, wie verschieden an

*) A new system of chemical philosophy. Manchester 1808, sowie schon früher in den Memoires of the literary and philos. society of Manchester 1803.

die Elemente sein mögen (s. d. Art. Kystall, isomorphe). Wir glauben, daß es zur klareren Uebersicht der gesammten theoretischen Ansichten über die Constitution der Körper zweckmäßig sein werde, wenn wir die nähere Ausführung der so eben angedeuteten Gesetze, auf welche die gesammte Stöchiometrie beruht, im Zusammenhange mit der Lehre von der chemischen Verwandtschaft und der von Berzelius in die Wissenschaft eingeführten elektrochemischen Theorie mittheilen, und verweisen deshalb hier auf die in dem Artikel Verwandtschaft gegebene ausführliche Darstellung.

Die atomistische Theorie kann mit der Zeit Veränderungen erleiden, sie kann sogar vielleicht durch eine andere verdrängt werden; aber für den gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft scheint diese Theorie die Erscheinungen am genügendsten zu erklären und unläugbar ist es, daß man mit ihrer Hülfe viele und wichtige Entdeckungen gemacht hat, zu denen man ohne dieselbe entweder gar nicht oder nur auf großen Umwegen gelangt wäre. Es giebt manche Naturforscher, denen die Annahme von Atomen vernunftwidrig, ja selbst lächerlich erscheint; man muß aber immer bedenken, daß, wenn auch die Annahme einer begrenzten Theilbarkeit zu mancherlei Widersprüchen führt, man doch auf keine andere genügende Weise die Erscheinungen und Eigenschaften der Körper zu erklären im Stande ist, und daß man das Wort Atom, wenn man will, ganz vermeiden kann, da es offenbar gleichgültig ist, ob man sich des Ausdruckes Atom oder des Wortes Aequivalent, Mischungsgewicht, Massentheilchen ꝛc. bedient, wenn man nur festhält, daß die Körper aus bestimmten Theilchen bestehen, die man als gegeben voraussetzen muß. Ueber die Form dieser kleinsten Theile, über die Art und Weise, wie diese sich an einander legen, wenn vermöge der chemischen Verwandtschaft verschiedenartige Materien sich gegenseitig anziehen, können wir nur Hypothesen aufstellen, da kein Instrument uns in den Stand setzt, die Theilbarkeit der Körper bis zu dieser äußersten Grenze zu verfolgen. Daß diese Theilchen in der That eine außerordentlich geringe Ausdehnung besitzen müßten, geht schon aus der großen Theilbarkeit einzelner Körper vor, die wir vermöge unserer Sinne noch verfolgen können. Aus den Farben, welche eine Seifenwasserblase zeigt, läßt sich z. B. bestimmen, daß die Wand derselben, wo sie am dünnsten ist, eine Dicke von ungefähr $^1/_{2000000}$ Zoll besitzt; ein Atom Wasser, d. h. ein Theilchen desselben, welches bei der nächsten Theilung unmittelbar in die einfachen Atome des Sauerstoffs und Wasserstoffs zerfallen würde, muß also eine noch geringere Ausdehnung besitzen. Ein Gran Moschus ferner besteht 320 Quadrillionen Theile, deren jeder noch durch den Geruch bemerkt wird. Viele krystallinische Körper, wie Kalkspath, Gyps, Glimmer ꝛc. kann man in außerordentlich feine Theilchen, die immer noch eine krystallinische Struktur zeigen, zerstoßen, ohne daß es jemals gelungen wäre, z. B. den Kalkspath in seine Bestandtheile, Kohlensäure und Kalkerde, auf mechanischem Wege durch Theilung zu zerlegen. — Ueber die Art, wie man die Materie an einzelnen Stellen sich angehäuft denken kann, theilen wir im Folgenden eine von Mitscherlich*) ausgesprochene Ansicht mit; sie ist nämlich nur eine Uebertragung der Erscheinungen, welche wir in der Vertheilung der Materie im Weltall beobachten, auf das Verhalten der Materie im Kleinen. „In dem Raume, welcher zu unserem Sonnensystem gehört, hat sich die Materie an einzelnen Stellen angesammelt; die Sonne nämlich, die

*) Lehrb. Theil I.

Planeten und ihre Monde sind diese Punkte; damit können wir ein Stückchen Kalkspath vergleichen, wenn wir es soweit zertheilt hätten, bis wir nicht mehr kohlensauren Kalk von kohlensaurem Kalk, sondern Kohlensäure von der Kalkerde und Sauerstoff von der Kohle und dem Calcium trennen würden. Die einzelnen Massen des Sauerstoffs, der Kohle und des Calciums haben wir uns dann auf ähnliche Weise zu denken, wie die Punkte, an welchen die Materie sich in unserem Planetensysteme angesammelt hat und die einzelnen Massen von kohlensaurer Kalkerde, welche einen größeren Krystall bilden, kann man mit den Gruppen von verschiedenen Sonnensystemen vergleichen. Obgleich dieselben Kräfte, welche die Erscheinungen, die wir bei den Weltkörpern beobachten, auch bei den Erscheinungen, welche die Materie auf unserem Planeten zeigt, thätig sind, so bemerken wir aber außerdem noch eine große Anzahl von Erscheinungen, welche wir entweder besonderen Kräften zuschreiben, die erst anfangen, thätig zu werden, wenn die einzelnen Theile einander sehr genähert sind, oder besonderen Modificationen, welche die allgemeine Anziehungskraft der Materie alsdann erleidet; dahin gehören die chemische Verwandtschaft und die Anziehungen auf kleine Entfernungen, wodurch der feste und flüssige Zustand der Körper hervorgebracht wird."

Ueber die Größe, Form, das Gewicht und das gegenseitige Verhalten der Atome kann man keine directen Beobachtungen anstellen, sondern man muß in dieser Hinsicht sich mit mehr oder weniger wahrscheinlichen Hypothesen begnügen. In verschiedenen Zeiten hat man den Atomen entweder eine allgemeine Form, die von Einigen für rund, von Andern für eckig gehalten wurde, oder je nach der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Körper ihren Atomen eine sehr verschiedene Gestalt beigelegt. Wenn wir alle Wahrscheinlichkeiten wohl betrachten, bemerkt Berzelius, so haben wir allen Grund, uns die elementaren Körper unter einer sphärischen Gestalt vorzustellen, weil diese diejenige ist, welche die Materie annimmt, wenn sie nicht mehr dem Einflusse fremder Körper ausgesetzt ist. Die Größe der zusammengesetzten Atome muß sehr verschieden sein, weil der Anzahl elementarer Atome, woraus sie bestehen, ebenso wie ihre Form, als Verbindungen solcher elementarer Kugeln, eine sehr verschiedene sein muß. Das zusammengesetzte Atom muß wiederum für sich als ebenso mechanisch untheilbar betrachtet werden, wie das elemantare Atom.

Als synonym mit Atom haben einige Chemiker und Physiker der neuern Zeit das Wort Molekül (Molecule, von Moles, Masse, also Massentheilchen) angewendet, indem sie dadurch das anstößige Wort Atom vermeiden und dem Molekül keine Untheilbarkeit beilegen. Andere betrachten auch das Molekül als eine Zusammenhäufung von Atomen und gelangen durch Vereinigung einer Menge von Molekülen zu dem Begriffe eines Partikels, des sichtbaren Theilchens eines bestimmten Körpers. E. W.

Atomenlehre, s. Atom.

Atomgewicht, s. Verwandtschaft.

Atomistik, s. Atom.

Atomvolum, s. Volum.

Attraction, s. Anziehung.

Aufgang und Untergang der Gestirne nennt man das Erscheinen derselben über dem Horizonte (auf dessen Ostseite) eines gewissen Beobachtungsortes und das Verschwinden derselben unter dem Horizonte (auf dessen Westseite). Die

Erscheinungen kommen von der scheinbaren täglichen Umdrehung der Himmelskugel oder von der wahren Rotation der Erde her. Für die im Erdäquator liegenden Orte gehen sämmtliche Gestirne des Himmels auf und unter, für den Nord- und Südpol der Erde, denen der gleichnamige Himmelspol im Zenith steht, giebt es gar keinen Auf- und Untergang der Sterne, weil diese sich dem Horizonte parallel bewegen. Läßt man ferner die Wirkung der Strahlenbrechung unbeachtet, so geht ein Stern auf, wenn dessen Zenithdistanz, größer als 90° gewesen, nunmehr 90° wird, unter aber, wenn seine Zenithdistanz, kleiner als 90° gewesen, nunmehr 90° wird. Man kann also die Zeiten, wenn dies geschieht, mittelst derselben Formel finden, durch die der Stundenwinkel und Scheitelabstand bestimmt werden. Die Strahlenbrechung dagegen beschleunigt den Aufgang und verzögert den Untergang etwas. Kennt man die Zeit t der Culmination und die Zeitdauer d der Sichtbarkeit, d. h. den Tagebogen eines Sternes, so ist die Zeit seines Auf- und Unterganges resp. $t-\frac{1}{2}d$ und $t+\frac{1}{2}d$. Mit Hülfe eines Himmelsglobus kann man auf eine mechanische, aber nicht genaue Weise die Zeit des Auf- und Unterganges eines Gestirns finden.

Besonders zu erwähnen sind noch die sogenannten poetischen Auf- und Untergänge der Gestirne, so genannt, weil ihrer häufig die griechischen und römischen Dichter gedenken. Die Alten beobachteten nämlich die Zeiten, wann derselbe Stern zugleich mit der Sonne auf- und unterging oder aus ihren Strahlen hervortretend wieder sichtbar wurde. Aus solchen Beobachtungen ging die erste richtigere Bestimmung der Länge des Sonnenjahres hervor. Zugleich mit dem Zeitpunkte des Hervortretens des Sirius aus den Sonnenstrahlen begann die Überschwemmung des Nils in Aegypten; hierdurch bestimmten die Aegyptier ihr als pharaonische Jahr genanntes Sonnenjahr zu $365\frac{1}{4}$ Tagen und fingen es mit dem Aufgange des Sirius an.

Unter den poetischen Auf- und Untergängen sind drei verschiedene Erscheinungen begriffen: 1) Der kosmische Auf- und Untergang, mit Sonnenauf- und Untergang zusammenfallend. Ein Stern geht nämlich kosmisch auf, wenn er mit der Sonne zugleich aufgeht, und geht kosmisch unter, wenn er mit Sonnenaufgang untergeht. Für Sterne in der Ekliptik liegt deren kosmischer Aufgang sechs Monate von ihrem kosmischen Untergange. Der kosmische Aufgang dieser Sterne tritt bei ihrer Conjunction mit der Sonne ein, ihr kosmischer Untergang bei ihrer Opposition. 2) Der heliakische Auf- und Untergang; jener ist das Hervortreten aus den Sonnenstrahlen, wenn ein Stern so weit noch vor der Sonne aufgeht, daß er in der ersten schwachen Morgendämmerung erblickt werden kann, dieser aber das Verschwinden in den Strahlen der Sonne, sobald der Stern des Abends am westlichen Himmel gleich nach oder noch in der Dämmerung erscheinend untergeht. Bei der Bestimmung des heliakischen Auf- und Unterganges kommt es darauf an, von welcher Größe ein Stern ist. Denn Sterne erster Größe werden etwas sichtbar, sobald die Sonne 10 Grade unter dem Horizonte ist. Man wird also bei einem Sterne der ersten Größe den Punkt der Ekliptik suchen müssen, der bei seinem Aufgange 10 Grad unter dem Morgenhorizonte liegt, sowie noch den Punkt der Ekliptik, der beim Untergange des Sternes 10 Grad unter dem Abendhorizonte sich befindet. Die Tage nun, an welchen die Sonne in jenen Punkten eintritt, sind die Tage des heliakischen Auf- und Unterganges des Sternes, welche Zeiten für verschiedene Orte der Erdoberfläche verschieden sein müssen, da mit einer

Veränderung der Polhöhe auch andere Punkte der Ekliptik 10 Grad unter den Horizont zu stehen kommen. Uebrigens ist leicht einzusehen, daß wegen des Vorrückens der Nachtgleichenpunkte sich für einen bestimmten Beobachtungsort auch die Zeitpunkte der heliakischen Auf- und Untergänge der Sterne ändern müssen. Um daher die alten Schriftsteller in dieser Beziehung richtig verstehen zu können, muß man die Lage der Aequinoctialpunkte für die damaligen Zeiten genau wissen. 3) Der akronyktische Auf- und Untergang, welcher geschieht, wenn ein Gestirn bei Sonnenuntergang auf- und untergeht. Bei den in der Ekliptik stehenden Sternen ist die Zeit ihres akronyktischen Unterganges die nämliche wie die ihres kosmischen Aufganges. Bei nördlich von der Ekliptik stehenden Sternen tritt der kosmische Aufgang früher ein als bei den unter gleicher Länge (in der Ekliptik) nahe stehenden, der akronyktische Untergang dagegen später. Uebrigens ist der akronyktische Aufgang von dem kosmischen Aufgange um ein halbes Jahr entfernt.

Auflösung, Auflösen nenn man eine Operation, durch welche ein starrer oder auch ein flüssiger Körper entweder unmittelbar mit Hülfe eines andern flüssigen Körpers, d. h. auf nassem Wege, oder mittelbar auf trockenem Wege durch Zusammenschmelzen mit einem zersetzenden Körper und spätere Anwendung eines flüssigen Mittels in den flüssigen Zustand übergeführt wird und mit dem Auflösungsmittel ein flüssiges homogenes Ganzes bildet. Das Auflösungsmittel ist häufig das Wasser; in anderen Fällen auch Alkohol, Aether, wässerige Säuren, ätherische Oele ꝛc. Die Methoden auf trockenem wie auf nassem Wege, welche man zum Auflösen eines Körpers anzuwenden pflegt, wenn man diesen zum Zweck einer analytischen Untersuchung in den flüssigen Zustand überführen muß, haben wir bereits ausführlich in dem Art. Analyse beschrieben. — Bleibt bei der Einwirkung eines flüssigen Körpers auf einen starren ein selbst in dem überschüssig angewendeten Auflösungsmittel unlöslicher Rückstand, so nennt man auch wohl eine solche Operation Ausziehen, Extrahiren (Extrahere) und die Flüssigkeit den Auszug, Extract. Diese Operation findet namentlich in der organischen Chemie häufige Anwendung, wo man bei Untersuchung irgend einer dem Pflanzen- oder Thierreiche angehörenden Substanz, diese zunächst und nach einander mit Wasser, Alkohol, Aether ꝛc. zu behandeln pflegt, um die einzelnen organischen Verbindungen, die mit einander gemengt vorkommen, auf diese Weise von einander getrennt zu erhalten.

In der Regel wird von einem Auflösungsmittel bei Anwendung der Wärme der aufzulösende Körper leichter angegriffen und in größerer Menge aufgenommen, als bei gewöhnlicher Temperatur. In Bezug auf die letztere Behauptung finden jedoch nicht ganz selten Ausnahmen statt; so lösen sich Kochsalz (Chlornatrium) und Gips (schwefelsaurer Kalk) bei allen Temperaturen in gleich großer Menge in Wasser auf, während das Glaubersalz (schwefelsaures Natron) bei 33° am löslichsten ist, über und unter dieser Temperatur aber in geringerer Quantität vom Wasser aufgenommen wird. Einige Verbindungen, wie kaustische Kalkerde, Talkerde, salpetersaures Natron und einige andere lösen sich in heißem Wasser in gar weniger leicht als in kaltem. Die Auflösung von Gasen in Flüssigkeiten, namentlich in Wasser, und wo nicht eine unmittelbare chemische Verwandtschaft die Absorption der luftförmigen Substanzen bewirkt, ist in dem Art. Absorption besprochen worden. — Die Auflösung eines Körpers wird dadurch befördert, daß

man die Oberfläche deſſelben durch Zerſtoßen und Pulvern vergrößert, ſo daß er mit dem Auflöſungsmittel in ſchnellere und innigere Berührung treten kann, welches häufig durch Schütteln und Umrühren in noch höherem Grade bewirkt wird. Eine Auflöſung heißt geſättigt, wenn ſo viel von dem aufzulöſenden Körper durch das Auflöſungsmittel aufgenommen worden iſt, als das letztere aufzunehmen vermag. Man bereitet eine geſättigte Auflöſung entweder dadurch, daß man den aufzulöſenden Körper längere Zeit mit dem Auflöſungsmittel in Berührung läßt und den erſtern mit dem letztern häufig ſchüttelt und umrührt, oder indem man bei der Auflöſung eines Körpers Wärme anwendet und die erhaltene Flüſſigkeit wieder erkalten läßt, wobei häufig ein Theil des aufgelöſten Körpers ſich wieder ausſcheidet, oder endlich indem man die nicht geſättigte Auflöſung eindampft, bis ein Kryſtallhäutchen ſich auf der Oberfläche zeigt und die Flüſſigkeit ſodann erkalten läßt. Vergl. den Art. Löſung. E. W.

Aufſteigung, gerade, oder Abſteigung, auch Rectaſcenſion (v. lat. recta ascensio, gerade Aufſteigung), bisweilen auch Aſcenſion genannt, heißt der Theil des Aequators, der zwiſchen dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte und dem Abweichungskreiſe (ſ. d. Art. Abweichung, aſtronomiſche) eines Geſtirns ſich befindet. Die Rectaſcenſion wird von Weſten nach Oſten in einem fort, und zwar von dem Frühlingsäquinoctium an, von 0° bis 360° gezählt. Rectaſcenſion und Declination beſtimmen demnach den Ort eines Geſtirns an der Himmelskugel ebenſo wie die Breite und Länge (ſ. Breite und Länge eines Geſtirns). Weil während der einmaligen ſcheinbaren Umdrehung des geſtirnten Himmels die 360 Grade des Aequators nach und nach durch den Meridian des Beobachtungsortes gehen, ſo kann, da der ganze Aequator binnen 24 Stunden durch den Meridian geht, die Rectaſcenſion auch durch Zeit (15°=1 Stunde) ausgedrückt werden. Eine nach Sternzeit gehende Uhr zeigt mithin die Rectaſcenſionen der Geſtirne im Augenblicke ihrer Culminationen unmittelbar. Das Nähere darüber ſehe man in dem Art. Zeit. — Wegen der Conſtruction der aſtronomiſchen Inſtrumente und wegen des bequemen, ſicheren Beobachtens beſtimmen die jetzigen Aſtronomen die Lage der Fixſterne ſtets mittelſt Rectaſcenſion und Declination, und nur der Ort eines Planeten wird noch aus den Tafeln nach Länge und Breite berechnet. Es iſt daher ſehr häufig erforderlich, die Rectaſcenſion a und Declination d eines Geſtirns aus deſſen Länge l und Breite b herzuleiten, was mittelſt der Formeln $\tang n = \cot b . \sin l$, $\tang a = \frac{\tang l \sin (n-w)}{\sin n}$, $\tang d = \frac{\sin b \cos (n-w)}{\cos n}$, wo n eine Hülfsgröße und w die Schiefe der Ekliptik bezeichnet, ganz bequem geſchehen kann. Für die Sonne, deren Breite $b = 0$ iſt, gehen die vorigen Ausdrücke in folgende über: $\tang a = \cos w \tang l$, oder $\tang d = \tang w \sin a$ oder $\sin d = \sin w \sin l$. Uebrigens unterſcheidet man auch hier, wie bei Länge und Breite, zwiſchen mittlerer, wahrer und ſcheinbarer Abweichung und gerader Aufſteigung.

Unter der ſchiefen Abſteigung (lat. descensio obliqua) eines Sternes verſteht man den Bogen des Aequators, welcher zwiſchen dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte und demjenigen Punkte des Aequators liegt, der mit dem betreffenden Ge-

stirne zugleich untergeht. Der Unterschied zwischen der geraden und der schiefen Absteigung eines Sternes giebt dessen Descensional-Differenz. J.

Auge, s. Gewicht und Sinne.

Augentäuschungen, s. Gesicht.

Augit (Pyroxène), ein in plutonischen und vulcanischen Gesteinen häufig vorkommendes, dem zwei- und eingliederigen Krystallsysteme angehörendes Mineral, mit ziemlich deutlichem blätterigem Bruche parallel einer geschobenen vierseitigen Säule, auf deren scharfer Seitenkante die schiefe Endfläche aufgesetzt ist. Die Härte ist größer als die der Hornblende und das Mineral weniger zur Verwitterung geneigt. Das specifische Gewicht ist = 3,23 bis 3,5. Der Glanz ist Glasglanz, der sich zu Fettglanz neigt; Perlmutterglanz ist nur bei deutlich blätterigem Bruch vorhanden; die Durchsichtigkeit ist im Allgemeinen gering und die Farbe läuft aus dem Schwarzen zunächst in das dunkle Oliven-Schwärzlichgrüne und dunkle Grau lichgrüne, und geht aus den ans Braune grenzenden grünen Farben ins Grünlich oder Grünlichweiße bis zum Farblosen über. Die allgemeine chemische Formel des Augits ist $= \dot{R}^3 \ddot{S}i^2$, wo $\dot{R}$ Kalkerde, Talkerde, Eisen- und Manganoxydul bedeuten kann. Einige Abänderungen des Augits, namentlich Hypersthen, Bronzit, Diallage und der gemeine Augit enthalten eine mehr oder weniger bedeutende, bis zu 6 oder 7 Procent sich erhebende Quantität Thonerde, die gewöhnlich als zufällig betrachtet wird, indem man annimmt, daß diese Augitvarietäten, welche immer eingewachsen in Lava, Basalt und plutonischen Gesteinen vorkommen, beim Krystallisiren aus der geschmolzenen Masse einen Theil dieser gewöhnlich thonerdehaltigen Masse mechanisch in sich eingeschlossen haben. Man erhält weder eine der Normalmischung entsprechende Formel, wenn man die Thonerde zu den Basen rechnet, noch wenn man sie sich als eine Säure mit den starken Basen in Verbindung denkt. Nach dem Handwörterb. der Chemie von Liebig und Poggendorff, Bd. I. S. 603 lassen sich die erhaltenen Resultate noch am besten deuten, wenn man in diesen Augiten die Thonerde mit dem Ueberschuß der Basen zu einem Trialumin verbunden annimmt, jedoch legt Kobernatsch*), von dem diese Ansicht herrührt derselben keinen größeren Werth bei als derjenigen, nach welcher die Thonerde ein rein zufälliger und unwesentlicher Bestandtheil zu betrachten ist, ebenso dasselbe hinsichtlich des manchmal bis zu 2 Proc. und darüber gefundenen Glühverlustes oder Wassers der Fall ist**).

Die Grundform des Krystallsystems des Augits (worüber das Ausführliche in dem Art. Krystall mitgetheilt ist) ist eine geschobene vierseitige Säule, der scharfer Winkel nach Hauy's genauen Angaben 87° 42′, der stumpfe also 92° 18′ beträgt. Außer dieser Säule kommt fast immer die gerade Abstumpfung der scharfen Seitenkanten vor, wodurch also die Säule eine breite symmetrisch sechsseitige wird; minder häufig finden sich auch die stumpfen Seitenkanten abgestumpft. Die schiefe Endfläche ist, wie bereits angeführt, auf der scharfen Seitenkante der Säule, und also auf deren Abstumpfungsfläche gerade aufgesetzt; das Gegenstück der geraden Endfläche aus der anderen Seite des Krystalls findet sich ebenfalls nicht selten vor. So einfach der Augit in der Säule und in der verticalen Zone ausgebildet ist, so eigenthümlich und mannigfaltig erscheinen die gepaart vorkom-

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 384.

**) H. Rose in Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 86.

den sogenannten augitartigen Flächen, die das zwei- und eingliederige System so besonders charakterisiren. Das erste Paar fällt in die scharfe hintere Hälfte der Zuschärfung oder Kantenzone, das zweite in die stumpfe vordere Hälfte, das dritte in die scharfe hintere, das vierte in die stumpfe vordere und das fünfte wieder in die scharfe hintere Hälfte der Kantenzone. Diese fünf Flächenpaare sind die bekannten aus der Kantenzone der Säule; außerdem kommen aber noch drei Paare aus der Diagonalzone der schief angesetzten Endfläche vor. Noch ein besonderes Paar endlich fällt in die Kantenzone vom ersten und zweiten Paare und stumpft die Kante zwischen den letzteren ab und fällt zugleich auch in die Diagonalzone einer Fläche mit sechsfachem Cosinus aus der verticalen Zone. — Zwillinge finden sich häufig nach dem Gesetz, daß beide Individuen die Säule gemein haben, die schieflaufenden Endflächen aber, die gewöhnlich aus dem ersten Paare bestehen, umgekehrt liegend; an dem einen Ende entsteht dann eine vierflächige Zuspitzung mit zweierlei Kanten und am andern Ende einspringende Winkel. Von Varietäten des Augits führen wir die folgenden an:

1) Gemeiner Augit findet sich gewöhnlich krystallisirt in kurzen sechs- und achtseitigen Säulen mit dem ersten und dritten Paare geendet. Er kommt im Basalte, in der Wacke, im Mandelstein ꝛc. porphyrartig eingewachsen vor. Er ist pechschwarz, rabenschwarz, schwärzlich und zuweilen dunkellauchgrün und undurchsichtig. Man findet manchmal den Augit mit Beibehaltung seiner Krystallform vollkommen zu einem gelben Thon verwittert, z. B. zu Bilin in Böhmen, der in eine weiße thonige Masse (am Vesuv) oder in Grünerde umgewandelt, wie im Fassathale*). Der basaltische Augit hat muscheligen Bruch und den vollkommensten Glasglanz; er ist am stärksten glänzend und am meisten durchscheinend; er ist rabenschwarz, schwärzlich-grün, sehr dunkel olivengrün und geht zuweilen ins Pechbraune über, während der gemeine Augit unebenen Bruch und Fettglanz hat und nur wenig glänzend und schwach durchscheinend ist. Der sogenannte norische oder körnige Augit kommt theils derb, theils krystallisirt, aber nicht aufgewachsen, sondern aufgewachsen vor und Drusen bildend, besonders zu Arendal in Norwegen. Der Hedenbergit ist ein Kalk-Eisenaugit, dem gemeinen Augit sehr ähnlich; er kommt zu Tunaberg in Schweden und auf Elba mit Eisenerzen vor, ist schwärzlich-grün und hat ein specif. Gewicht = 3,5.

2) Kokkolith schließt sich dem körnigen Augit an, kommt häufig derb vor und in Krystallen, welche deutlich die Augitformen zeigen, aber abgerundete Kanten und geflossene Flächen haben. Seine Farbe ist grünlich, von dem lauch- und berggrünen bis ins oliven- und schwärzlichgrüne; er hat Glasglanz, der sich dem Fettglanze nähert.

3) Sahlit (von Sahla in Schweden) und Malakolith, grünlich-graue, spargelgrüne bis schwärzlich-grüne Augitvarietäten, welche durch einen vollkommen deutlichen blätterigen Bruch parallel der schief angesetzten Endfläche sich auszeichnen; er zeigt sich auch parallel den beiden Abstumpfungsflächen der scharfen und stumpfen Seitenkanten der Säule ein mehr oder weniger deutlicher blätteriger Bruch; diese Theilbarkeit nach fünf Richtungen hat zu dem Namen Pentaklasit Veranlassung gegeben. Seine gewöhnliche Krystallform ist die achtseitige Säule, an

*) Rammelsberg, Pogg. Ann. Bd. XLIX. S. 387, und dessen Handwörterb. des chem. Theils der Mineralogie, Th. I. S. 68.

welcher die Paare der Endigungsflächen sehr untergeordnet vorkommen. Auf dem blätterigen Bruch stark glänzend, der Querbruch uneben und wenig glänzend. Hinsichtlich der Farbe stimmt er mit dem vorigen überein. Der Cherzonit, der große Gebirgslager in den Pyrenäen bildet, ist eine graue, dem Sahlit ähnliche derbe Augitmasse.

4) Fassait (vom Fassathal in Tyrol), von Breithaupt Pyrgom genannt, ist schwärzlich-, lauch-, spargel- und ölgrün gefärbt und bildet niedrige Säulen, so daß die Endigungen, in welchen das dritte und fünfte Paar vorherrschen und auch oft (namentlich bei den piemontesischen Krystallen) die Diagonalflächen auftreten, sehr nahe zusammenrücken.

5) Baikalit, von seinem Vorkommen am Baikalsee, steht dem Sahlit und Fassait sehr nahe und ist graulich-, schwärzlich-grün und sammetschwarz gefärbt. Die Krystalle bilden die achtseitige Säule mit der schiefen Endfläche und mehreren Flächenpaaren, von denen oft das zweite vor den übrigen ausgezeichnet vorkommt. Namentlich ist diese Varietät charakterisirt durch ihre große Sprödigkeit, durch die Menge von Sprüngen, welche die Masse durchsetzen, und überhaupt durch ein gewisses glasartiges Aussehen.

6) Diopsid wurde von Hauy in den Alalit, die reinste und krystallisirte Abänderung aus dem Thale Ala in Piemont, und den Mussit geschieden, welcher die unreineren, mehr derben Varietäten von der Mussa-Alpe in der Nähe des Alathales umfaßte. Herrschend ist die rechtwinklig 4seitige Säule mit einer starken Längenstreifung, die gewöhnlich auf die 3fach stumpfere, selten auf die 2fach stumpfere Säule führt. Parallel der gewöhnlichen Augitsäule blättrigen Bruch, der auch zuweilen parallel der schiefen Endfläche sich zeigt. Die Endigung besteht aus einer Combination des 2. und 3. Paares, woraus zuweilen eine 1, 4 und 1kantige Zuspitzung entspringt. Die schönen Krystalle finden sich auf zum schmalen alten Gängen mit durchsichtigen Granaten, Vesuvian und Pistazit vor.

7) Zu der Augitfamilie rechnet man in der Regel noch den Hypersthen (Paulit von der Paulsinsel in Nordamerica), den Bronzit und den Diallag, von denen der Hypersthen derb, eingesprengt und geschiebeartig vorkommt, einen blättrigen Bruch parallel den Abstumpfungsflächen einer Säule von ungefähr $87^1/_2$ Grad besitzt, auf den Spaltungsflächen tombakbraun metallisch schillert und sonst pechschwarz bis schwärzlichbraun gefärbt ist. Der Bronzit hat denselben blättrigen Bruch und außerdem noch deutlich parallel den Flächen einer Säule von etwa 88^0; oft krummblättrig; specifisches Gewicht = 3,3 und nelkenbraun oder gelblichgrau gefärbt. Diallag, sehr vollkommen spaltbar parallel den Abstumpfungsflächen der scharfen Seitenkanten, unvollkommen parallel den Abstumpfungsflächen der stumpfen Seitenkanten; kommt derb und eingesprengt, selten in kleinen eingewachsenen Krystallen vor; specif. Gewicht = 3,2; olivengrün bis schwärzlichgrün und auf dem blättrigen Bruch tombakbraun metallisch glänzend. E. W.

Ausdehnung hat zwei Bedeutungen. Man sagt: ein Körper besitzt Ausdehnung, was dann so viel bedeutet als Volumen, Größe. Hierbei unterscheidet man drei Hauptrichtungen oder Dimensionen (v. d. lat. dimensio, Abmessung) der Ausdehnung: Länge, Breite, Höhe (Tiefe oder Dicke). Jeder Körper muß nothwendig diese drei Dimensionen haben; je nachdem aber zwei oder ein

dieſer Richtungen der Ausdehnung mehr oder weniger gering iſt, nähert ſich ein Körper mehr oder weniger der Linie (Faden, Nadeln) oder der Fläche (Blätter, Tafeln).

Man ſagt aber auch: ein Körper erleidet Ausdehnung, d. h. Vergrößerung ſeines Volumens, in welchem Sinne man der Ausdehnung Zuſammenziehung entgegenſtellt und die Körper ausdehnbar und zuſammenziehbar nennt. Der Rauminhalt eines Körpers kann hiernach ohne Veränderung ſeiner Maſſe vergrößert und verringert werden. Dieſes geſchieht durch Erwärmung oder Erkältung. Ueberſteigt dieſe Erhitzung oder Erkältung eine gewiſſe Grenze, ſo ändert ſich der Aggregationszuſtand des erhitzten Körpers, und damit nimmt er auch eine andere Ausdehnung, als er vorher hatte, an. Von dieſer Erſcheinung iſt unter dem Art. Aggregationszuſtand die Rede, hier ſprechen wir nur von der Ausdehnung der Körper, ſo lange ſie in demſelben Aggregationszuſtande verharren.

Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme findet bei allen Körpern ſtatt und zwar ſo, daß alle Körper durch die Wärme nach allen Richtungen ausgedehnt werden, ſo daß ſie ein größeres Volumen als vorher einnehmen, wenn ihre natürliche Beſchaffenheit keine Veränderung erleidet. Dabei nehmen ſie bei jeder Erniedrigung der Temperatur wiederum denſelben Umfang ein, den ſie vorher bei gleicher Temperatur einnahmen. In einzelnen Fällen findet eine Abweichung von dieſem Geſetze ſtatt. Während nämlich die meiſten Körper, je mehr ſie erwärmt werden, deſto mehr ſich ausdehnen, und umgekehrt, je mehr ſie erkältet werden, deſto mehr ſich zuſammenziehen, findet bei einigen ſcheinbar Zuſammenziehung durch die Wärme, bei einigen ſcheinbar Ausdehnung durch die Kälte ſtatt. Einige dieſer Erſcheinungen laſſen ſich leicht erklären; z. B. daß Thon und Leder durch die Wärme zuſammengezogen werden, hat ſeinen Grund in der durch die Wärme ausgetriebenen Feuchtigkeit. Andere Körper gehen nicht zu dem frühern Zuſtande der Ausdehnung zurück, wenn die frühere Temperatur hergeſtellt iſt. Auf dieſe Ausnahmen werden wir weiter unten am gehörigen Orte zu ſprechen kommen.

Erſcheinungen, von denen die Ausdehnung zu unterſcheiden iſt, ſind die Elaſticität, d. h. diejenige Eigenſchaft der Körper, nach welcher durch äußeren Druck der Zuſtand der Ausdehnung derſelben verändert werden kann, welcher ſich nach Aufhebung des Druckes mit einer größern oder geringern Kraftäußerung von ſelbſten der Körper wieder herſtellt; ferner die Dehnbarkeit, d. h. diejenige Eigenſchaft, vermöge welcher Körper durch Druck, Schlag ohne eigentliche Verminderung ihres Rauminhaltes eine Veränderung ihrer Form, des Verhältniſſes ihrer Dimenſionen erleiden können; endlich die Expanſibilität, d. h. das luftförmig flüſſigen Körpern eigenthümliche Beſtreben ſich auszubreiten. Siehe die angeführten Artikel. Ebenſowenig kann man als zur Ausdehnung gehörig einen Fall anſehn, daß poröſe Körper durch Einſaugen von Flüſſigkeiten anſchwellen. Auf dem oben angeführten allgemeinen Geſetze beruht eines der wichtigſten Inſtrumente, das Thermometer (ſ. d. Art.).

Die feſten Körper erleiden der geringen Beweglichkeit ihrer Theile wegen die geringſte Ausdehnung durch die Wärme. Daß aber dennoch Ausdehnung bei ihnen ſtattfindet, ſieht man ſchon daraus, daß durch die Wärme die Cohäſion der

Körper vermindert wird, indem sie leichter zerbrechlich und zerreiblich werden. Noch deutlicher kann man die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung fester Körper durch folgenden Versuch bemerken. Wenn man eine metallne Kugel, welche sich in gewöhnlicher Temperatur gerade noch durch einen Ring hindurch ziehen läßt, erhitzt, während der Ring die frühere Temperatur behält, dann wird dieselbe Kugel sich nicht mehr durch den Ring bringen lassen, wohl aber wird dies wieder geschehen können, nachdem die Kugel abgekühlt worden. Aehnliches findet statt bei Metallcylindern, welche genau in eine Oeffnung gepaßt sind, indem sie erhitzt nicht mehr in dieselbe passen. Ebenso, wenn man einen kalten Stöpsel in eine erwärmte Flasche treibt, läßt sich derselbe nach Erkaltung der Flasche nur schwer wieder herausziehn.

Die Kraft, mit welcher sich die Körper beim Erwärmen ausdehnen und beim Erkalten zusammenziehn, ist außerordentlich groß. Nicht nur dickes Glas, selbst eiserne Platten springen bei schneller Veränderung der Temperatur, wenn diese Veränderung die ganze Masse des Körpers nicht durchgängig zugleich, sondern nur theilweise trifft, wie z. B. wenn man auf sehr heiße Platten kaltes Wasser spritzt. Man kann diese Kraft oft vortheilhaft benutzen. Ringe und Beschläge sitzen, heiß aufgepaßt, nach dem Erkalten sehr fest auf. Molard *) brachte sogar ausgewichne Mauern eines Magazins wieder in ihre Lage, indem er starke eiserne Anker durchziehn, erhitzen und dann festschrauben ließ, welche beim Erkalten die Mauern wieder zusammenzogen. Auf die Ausdehnung durch Wärme muß man dabei auch besonders Rücksicht nehmen bei metallenen Wasser-, Dampf- oder Gas-Leitungen, indem man sogenannte Ausgleichungsröhren anbringt, die den Röhrenstücken Ausdehnung und Zusammenziehung gestatten. Ebenso muß man metallnen Pfannen, größeren eisernen Klammern in Gemäuern ꝛc. freien Spielraum lassen, damit sie sich ausdehnend oder zusammenziehend keinen Schaden anrichten. Aehnliche Vorsichtsmaßregeln sind bei den Schienen der Eisenbahnen und langen metallenen Maschinentheilen zu beobachten.

Von der Ausdehnung durch Wärme (Zusammenziehung durch Kälte) rührt her das Krachen eiserner geheizter Oefen, metallner Dächer, des Eises an strengen Wintertagen, das Abschälen oder Zerspringen der Glasur an Gefäßen ꝛc. Ebenso ist der ungleiche Gang der Uhren im Sommer und Winter Folge der Ausdehnung.

Durch die Verkürzung des Pendels, dessen sich Richer 1672 in Cayenne bediente, und welche für den vermeintlichen Einfluß der höhern Temperatur zu groß gefunden wurde, wurde man zuerst veranlaßt, die Größe der Ausdehnung der verschiedenen Körper durch Wärme genau zu messen. Zuerst unternahm Dalencé **), dann Newton u. A. ***) Messungen der Ausdehnung durch Wärme, doch sind diese Untersuchungen ohne erforderliche und später erreichte Genauigkeit angestellt. Seit Musschenbroek ****) bedient man sich

*) Biot Traité. T. I. p. 181.

**) Traité des baromètres, thermom. et hygrom. Amst. 1688. 8.

***) Princ. L. III. prop. 19; Lambert Pyrom. p. 121; Mém. de l'Acad. 1745. p. 230; Condamine Voyage à l'Equat. Int. hist. p. 164.

****) Tentamina exper. nat. capt. in Acad. del Cim. T. II. 12. Introd. ad Phil. nat. T. II. p. 610 ff. Cours de Phys. expér. et math. Leiden 1769. III Voll. 4. T. II. p. 340.

dieſen Meſſungen der Pyrometer, eines von ihm erfundenen und benannten Inſtrumentes. Vielfache Arten der Pyrometer und verſchiedne Methoden, welche die Phyſiker zur Beſtimmung der Ausdehnung feſter Körper mittelſt dieſer Inſtrumente anwandten, finden ſich unter d. Art. Pyrometer angegeben.

Auch ohne Hülfe ſolcher Inſtrumente, durch welche die Ausdehnung unmittelbar gemeſſen wird, läßt ſich dieſelbe dadurch finden, daß man den zu unterſuchenden Körper in einer Flüſſigkeit, die ihn nicht auflöſt, bei verſchiedenen Temperaturen genau abwägt, nachdem man ſein abſolutes, Gewicht bezogen auf den luftleeren Raum, vorher ſorgfältig beſtimmt hat. Kennt man nun das ſpecifiſche Gewicht der Flüſſigkeit, ſo läßt ſich aus dem Gewichtsverluſte des Körpers leicht ſein Volumen berechnen. Es muß aber hierbei auch die Ausdehnung der Flüſſigkeit (hierüber weiter unten) bereits bekannt ſein, da ſie mit dem feſten Körper dieſelbe Temperaturerhöhung erleidet und folglich ſpecifiſch leichter wird, ſo daß man erſt aus dem den beſtimmten Temperaturen entſprechenden ſpecifiſchen Gewichte der Flüſſigkeit das wahre Volumen des Körpers und ſomit ſeine Ausdehnung finden kann.

Faſt jeder Körper erleidet nach allen ſeinen Dimenſionen eine gleichmäßige Ausdehnung, d. h. ſeine Breite und Dicke vergrößern ſich proportional ſeiner Länge. Der Zuwachs, den eine ſolche Dimenſion erhält, iſt die lineare Ausdehnung, und man kann alſo, ſobald man für eine beſtimmte Temperaturzunahme die lineare Ausdehnung eines Körpers in der Länge kennt, leicht die lineare Ausdehnung für ſeine Breite und Dicke finden. Der Zuwachs, den das Volumen des Körpers erhält, iſt die cubiſche Ausdehnung. Gewöhnlich giebt man an, um den wievielſten Theil ihrer Länge ſich eine der Dimenſionen eines Körpers vergrößert, während die Temperatur deſſelben um 1° C. zunimmt, und dieſe Angabe (ſtets ein ſehr kleiner Bruch) heißt der Coefficient der linearen Ausdehnung. Hat alſo ein Körper die Länge l Zoll und iſt ſein Ausdehnungscoefficient der kleine Bruch α, ſo iſt bei der angegebenen Temperaturzunahme $\alpha . l$ die lineare Ausdehnung des Körpers in die Länge. Ebenſo iſt der Coefficient der cubiſchen Ausdehnung die Angabe, um den wievielſten Theil das Volumen eines Körpers zunimmt. Dieſer Coefficient iſt, wie aus geometriſchen Gründen erhellt, unmerklich mehr als das Dreifache des linearen Coefficienten. Iſt alſo v Cubikzoll der cubiſche Inhalt des Körpers, ſo wird $3\alpha v$ ſeine cubiſche Ausdehnung für 1° C. ſein. Wenn daher die Temperatur eines Körpers um t° C. zunimmt, ſo iſt:

$$l' = (1 + \alpha t) . l \text{ die vermehrte Länge,}$$
$$v' = (1 + 3\alpha t) . v \text{ das vergrößerte Volumen.}$$

Will man die Ausdehnung der Oberfläche, ſo hat man den linearen Coefficienten doppelt zu nehmen, alſo

$$f' = (1 + 2\alpha t) . f \text{ die vergrößerte Fläche.}$$

Folgende Tabelle enthält die lineare Ausdehnung, welche feste Körper zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte des Waſſers erleiden, alſo von 0° bis 100° C., wenn die Länge des Körpers bei 0° als Einheit genommen wird.

Name der Subſtanzen	Lineare Ausdehnung zwiſchen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Antimon	0,00108330	Smeaton
Blei	0,00288200	Ellicot
	0,00286667	Smeaton
	0,00287300	Herbert
	0,00308600	Berthoud
	0,00271900	G. Morveau
	0,00284836	Lavoiſier
	0,00290200	Horner
	0,00278560	Daniell
	0,00295400	Prinſep
Bronze	0,00181667	Smeaton
16 Th. Meſſ. 1 Th. Zinn	0,00190833	"
	0,00184920	Daniell
Cement (römiſcher)	0,00143489	Adie
Eiſen	0,00114600	Ellicot
	0,00117200	Herbert
	0,00119200	Berthoud
	0,00110000	G. Morveau
Eiſendraht	0,00114010	Troughton
	0,00123504	Lavoiſier
Gußeiſen	0,00110940	Roy
	0,00107160	Daniell
	0,00098500	Navier
	0,00114676	Adie
	0,00110217	"
Schmiedeeiſen	0,00122045	Lavoiſier
	0,00125833	Smeaton
	0,00115600	Borda
	0,00114560	Schwerd
	0,00115600	Tralles
	0,00111155	Auguſtin
	0,00111545	"
	0,00112330	"
	0,00114550	"
	0,00144600	Hällſtröm
	0,00113475	Dulong und Petit
	0,00122400	Horner
	0,00121500	Prinſep
	0,00125343	Häßler
	0,00118080	Daniell
ſchwach gehämmert	0,00122045	Deſtigny
Glas *)	0,00124600	Hällſtröm
	0,00098800	Dunn und Sang
	0,00088517	Muncke
	0,00088446	"
Glas im Mittel	0,00089185	"
	0,00089694	Lavoiſier

*) Ueber d. Ausdehnung dieſes Körpers vergleiche das nächſt Folgende.

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Glas, weißes	0,00083333	Smeaton
	0,00094400	Herbert
	0,00099100	Berthoud
	0,00086100	Dulong und Petit
(Kaliglas von Reymyra)	0,00076170	Rudberg
Glasstab	0,00080787	Roy
Glasröhre	0,00077615	=
von St. Gobain (Spiegelglas)	0,00089089	Lavoisier
Gemeine Glasröhre	0,00087572	=
Desgl. andere	0,00089760	=
	0,00091751	=
Desgl. von Würzburger Glas	0,00088481	Muncke
= andere	0,00089815	=
Englisches Flintglas	0,00081166	Lavoisier
Französisches =	0,00087199	=
Dünne Glasröhre	0,00092100	Horner
Glasröhren von 0,2 Lin. Glasdicke	0,00091300	=
Massive Stange	0,00091900	=
	0,00092500	=
Gold	0,00140100	Ellicot
	0,00131100	Berthoud
	0,00147500	G. Morveau
	0,00123000	Daniell
fast rein	0,00143400	Prinsep
feines de départ	0,00146606	Lavoisier
Pariser Probe, nicht geglüht	0,00155155	=
geglüht	0,00151361	=
Granit	0,00086850	Bartlett
rother von Peterhead	0,00089680	Adie
grauer von Aberdeen	0,00078943	=
Graphitwaare (0,75 Gr., 0,25 Thon)	0,00029280	Daniell
Gelbloth 1 Zink 2 Kupfer	0,00205833	Lavoisier
Holz	0,00030000	Parry
Tannenholz	0,00035200	Struve
	0,00049590	Kater
Kalkspath (rhomb. nach der Hauptaxe)	0,00286000	Mitscherlich
Kalkstein, weißer	0,00025100	Vicat
grüner von Ratho	0,00080890	Adie
Kempnerloth	0,00250533	Smeaton
Kohlen, Tannenkohlen	0,00100000	Pl. Heinrich
Eichenkohle	0,00120000	=
Kupfer	0,00171000	Ellicot
	0,00171600	Daniell
= geschlagenes	0,00170000	Smeaton
	0,00191880	Troughton
	0,00179000	G. Morveau
	0,00178400	Borda
	0,00172244	Lavoisier
	0,00171222	=
	0,00171820	Dulong und Petit
	0,00170900	Horner
= gewalztes	0,00169100	Prinsep
	0,00169900	Edinb. Encykl.
Kupfer 8 Zinn 1 Th.	0,00181700	Smeaton

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Marmor	0,00102020	Bartlett
von St. Beat	0,00041810	Destigny
von Carara	0,00084867	″
	0,00065390	Adie
	0,00107200	Dunn und Sang
von Solst.	0,00056849	Destigny
schwarzer	0,00042600	Dunn und Sang *)
″ von Galbay	0,00044519	″ ″
weißer	0,00040000 } 0,00100000 }	London and Paris Observer
	0,00107200	Dunn und Sang
″ von Sicilien	0,00110411	″ ″
Messing	0,00182300	Ellicot
	0,00176050	Sabine
	0,00193332	Smeaton
	0,00187821	Destigny
geglühtes	0,00189163	Haßler
	0,00190600	Prinsep
0,25 Zink 0,75 Kupfer	0,00214440	Daniell
Messingdraht	0,00188500	Herbert
	0,00187821	Despretz
gegossenes	0,00187500	Smeaton
	0,00193400	Berthoud
	0,00186671	Lavoisier
	0,00188971	″
Stabmessing, englisch	0,00189280	Roy
Hamburger	0,00185540	″
Tafelmessing, tyroler	0,00190300	Horner
	0,00192000	Stampfer
Messing 10 Th. Zinn 1 Th.	0,00190833	Smeaton
Palladium	0,00100009	Wollaston
Pewter	0,00203520	Daniell
Phosphor von 0° bis 39°,5	0,00142455	Erman
Platin	0,00085655	Borda
	0,00090000	Wollaston
	0,00099180	Troughton
	0,00085700	G. Morveau
	0,00098390	Dulong und Petit
	0,00088200	Daniell
Silber	0,00197800	Ellicot
	0,00207000	Herbert
	0,00190500	Berthoud
	0,00198800	G. Morveau
	0,00208260	Troughton
	0,00195120	Daniell
mit $^1/_{12}$ Kupfer	0,00190400	Prinsep
Kapellensilber	0,00190974	Lavoisier
Pariser	0,00190868	″
Spiegelmetall	0,00193333	Smeaton
Spießglanz	0,00108330	″
Stahl, gehärtet	0,00122500	″
	0,00137500	Berthoud

*) Diese machten das Experiment, einen 34 Zoll langen Marmorstreifen durch Erhitzen mit Spirituslampen um $^1/_8$ Zoll zu verlängern.

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Stahl, bei 30° R. angelaufen	0,00136900	Lavoisier
desgl.	0,00138600	"
bei 65° R. angelaufen	0,00123956	"
weicher	0,00107500	Ellicot
	0,00118990	Troughton
	0,00115000	Smeaton
	0,00107875	Lavoisier
	0,00107956	"
	0,00110400	Berthoud
Stahlstange	0,00114470	Roy
	0,00116000	De Luc
Steyerischer	0,00115200	Horner
Huntsman-St.	0,00107400	"
Fischerischer aus Schafhausen	0,00111200	"
Stein (zum Bau) von St. Vernon	0,00043027	Destigny
von St. Leu	0,00064890	"
von Caithneß	0,00089470	Adie
von Abroath	0,00089850	"
schiefrig von Penrhyn	0,00103760	"
Sandstein	0,00171570	Bartlett
von Liver-Roch	0,00117430	Adie
Ziegel, ord.	0,00035020	"
spröder	0,00049280	"
Thon, holländ. Pfeife	0,00045730	"
Tuferzeug, braun, englisch	0,00012000	Destigny
mit Kohle porös gemacht	0,00004000	"
Wedgewood-Stange	0,00045294	Adie
Waare	0,00088200	Daniell
Weichloth, 1 Th. Zinn, 2 Blei	0,00250533	Smeaton
Wismuth	0,00139167	"
Zink	0,00297600	Daniell
gegossen	0,00294167	Smeaton
	0,00305100	G. Morveau
	0,00296800	Horner
durch Hämmern um $^1/_{12}$ verlängert	0,00310833	Smeaton
Zinkloth, 1 Th. Zink, 2 Kupfer	0,00205833	"
Zinn	0,00176640	Daniell
gemeines	0,00248330	Smeaton
feines	0,00228330	"
	0,00232200	Herbert
	0,00253700	Berthoud
	0,00216400	G. Morveau
	0,00209300	Horner
von Falmouth	0,00217298	Lavoisier
von Malacca	0,00193765	"

Da es wegen der vielfachen Anwendung gläserner Instrumente überaus wichtig ist, die Ausdehnung des Glases genau zu kennen, und mehrere Physiker, wie de Luc, Hällström*), Dalton, eine Ungleichförmigkeit derselben bemerkt haben wollten, so

*) Dieser fand auch die Ausdehnung des Eisens ungleichförmig. Dissert. de dilatatione uri a calorico. Aboae 1781, Gilb. Ann. Bd. XXXVI S. 60. Kongl. Swenska Vet. Acad. ya Handl. 1805. p. 253. Gilb. Ann. Bd. XXXVI S. 52.

stellte Horner*) Versuche an, die zu beweisen scheinen, daß bei derselben Glassorte die mehr oder weniger beträchtliche Stärke des Glases keinen Einfluß auf die Ausdehnung haben könne. Indeß ist dies doch wohl der Fall, denn es hat in neuerer Zeit Regnault **) durch eine Reihe genauer Versuche gefunden, daß nicht nur verschiedene Glassorten, sondern dasselbe Glas, wenn es in größern oder kleinern Kugeln oder Röhren geblasen ist, ungleiche Ausdehnung erleidet, und daß man aus der linearen Ausdehnung eines Glasstabes keineswegs die Ausdehnung eines Glasapparats von derselben Materie berechnen könne, wie dies gewöhnlich geschieht. Dies läßt sich aus folgenden Bestimmungen der cubischen Ausdehnung des Glases ersehen.

Glassorte und Form	cubische Ausdehnung
Weißes Glas; Röhre	0,002648
Kugel 46 Millimeter Durchmesser	0,002592
= 33 = =	0,002514
Grünes Glas; Röhre	0,002299
Kugel 36 Millim. Durchm.	0,002132
Schwedisches Glas; Röhre	0,002363
Kugel 34 Millim. Durchm.	0,002441
= 32 = =	0,002411
Hartes franz. Glas; Röhre	0,002142
Kugel 32 Millim. Durchm.	0,002242
Krystallglas; Röhre	0,002101
Kugel 39 Millim. Durchm.	0,002330

Hiernach dürfte man genöthigt sein, behufs genauerer Versuche die Ausdehnung des anzuwendenden gläsernen Instruments besonders zu ermitteln.

Das Verfahren, welches man gewöhnlich anwendet, um die Ausdehnung der Thermometerröhren zu finden, stützt sich auf Kenntniß der absoluten Ausdehnung des Queckſilbers, welche durch Dulong und Petit unabhängig von der Ausdehnung des Glases (s. das Folgende) als 0,018018 zwischen 0° und 100° gefunden wurde. Es ist also der Coefficient der cubischen Ausdehnung des Queckſilbers $\alpha = 0{,}00018018$ für 1° C. Man füllt nun das ganze Thermometer bei einer Temperatur von 0° mit Queckſilber, dessen Gewicht P sein möge, und setzt hierauf das Instrument der Siedhitze aus, indem man es etwa in den Dampf siedenden Wassers bringt, dessen Temperatur t^0 sich aus dem zugleich zu beobachtenden Barometerstande ergiebt. Hierbei wird ein Theil p des Queckſilbers ausfließen, den man sowie den Rückstand P — p abwägt und so auch das Gewicht P findet. Sei nun V der Raum, welchen das Queckſilber P bei 0° ausfüllte, so nimmt dasselbe bei t° den Raum $V(1 + \alpha t)$ ein; dagegen bietet das Gefäß, wenn δ der Ausdehnungscoefficient des Glases ist, nur den Raum $V(1 + \delta t)$ dar, so daß der Raumunter-

*) Gehl. phys. Lex. Bd. I. S. 252 ff.

**) Compt. rend. T. XIV. N. 5 ff. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IV. p. 64. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 584.

$V(\alpha - \delta)t$ abfließen muß, der ſich zu $V(1 + \alpha t)$ offenbar wie die Gewichte $p:P$ verhalten muß, ſo daß man hat:

$$V(\alpha - \delta)t : V(1 + \alpha t) = p : P, \text{ woraus } \delta = \frac{(P - p)\,\alpha t - p}{Pt},$$

und hiernach läßt ſich die Glasausdehnung δ berechnen.

Das Eis reiht ſich ebenfalls in Hinſicht der Ausdehnung in die Ordnung der feſten Körper, indem es ſich bei zunehmender Kälte zuſammenzieht. Die genaueſten und wegen ihrer Uebereinſtimmung zuverläſſigſten Verſuche ſind jedenfalls die von C. Brunner *) und Marchand **). Der Erſtere fand als lineare Zuſammenziehung für 1° C. im Mittel 0,0000375, der Letztere 0,000035, ſo daß alſo das Eis eine größere Zuſammenziehung erleidet, als alle feſten Körper, unter denen ſich Zink am meiſten ausdehnt. Weniger genau ſcheint die Angabe 0,000053 von Schumacher, und noch weniger das frühere Reſultat 0,000245 von Placidus Heinrich ***), der indeſſen die entgegengeſetzte alte Anſicht von Muſſchenbroek, daß die Kälte das Eis ausdehne, durch directe Meſſung widerlegte.

So lange die Körper ſich noch in einer Temperatur befinden, die weit entfernt von dem Grade iſt, bei welchem ſie ihren Aggregatzuſtand ändern, alſo für die Körper im Allgemeinen zwiſchen dem Gefrier- und Siede-Punkte des Waſſers, kann man gewiß ohne merklichen Fehler annehmen, daß ſie ſich proportional der Temperaturzunahme ausdehnen. Für höhere Temperaturen findet aber eine merkliche Zunahme der Ausdehnung ſtatt, und folglich wird auch für niedere Grade eine ſolche Zunahme ſtreng genommen ohne Zweifel ſtatt haben.

So fanden Dulong und Petit †) die Ausdehnung des Glaſes für 1° C. in die Temperatur von 0° bis 100° = 0,000008613; von 100° bis 200° = 0,000009839; von 200° bis 300° = 0,000010857; die Ausdehnung des Eiſens von 0° bis 100° = 0,000012666, bei 300° = 0,000015735; die Ausdehnung des Kupfers von 0° bis 100° = 0,000018411, bei 300° = 0,000020180; die Ausdehnung des Platins von 0° bis 100° = 0,000009474, bei 300° = 0,000009839. — Von 0° bis zur Weißglühhitze dehnt ſich nach Lowmann ††) der Stahl um 0,0285650, Schmiedeeiſen um 0,0125000, Gußeiſen um 0,0214250 aus. — Daniell erhitzte eine Platinſtange in einer Temperatur von wenigſtens 1800° C. und fand, daß daſſelbe vorher weich, biegſam und von glatter Oberfläche, nach ſo ſtarker Erhitzung hart, zerbrechlich, von rauher und kryſtalliniſcher Oberfläche geworden war, aber dennoch dieſelbe Ausdehnſamkeit durch die Wärme als vor dem Erhitzen beſaß.

In Bezug auf das Rückgehen der Körper zu ihrem früheren Volumen bei Wiederherſtellung der früheren Temperatur ſind Ausnahmen bemerkt worden. So hat ſchon Pictet †††), daß Eiſen bei einer plötzlichen Temperaturveränderung ſein früheres Volumen nicht genau wieder erhalte. Ferner, daß ausgedehntes

*) Pogg. Ann. Bd. LXIV. S. 124.
**) Erdmann u. Marchand Journ. Bd. XXXV. S. 254, 315, 509.
***) Gilb. Ann. Bd. XXVI. S. 228.
†) Ann. de Ch. et de Ph. T. VII. p. 1838. Gilb. Ann. Bd. LVIII. S. 254.
††) Thomſon Syſtem der Chem. Ueberſ. v. Wolf. Berl. 1805. Bd. I. S. 454. Pfaff's phyſ. Lex. Bd. I. S. 572 ff.
†††) Biblioth. Univ. T. I. p. 199.

oder zusammengedrücktes Eisen nach dem Aufhören des Einflusses der äußeren Gewalt sein voriges Volumen, wenigstens für eine Zeit lang, nicht wieder erhalte. Durch Prinsep wurde die erste Erfahrung bestätigt. Dieser bestimmte den Cubikinhalt einer Retorte vor dem Erhitzen, und als er sie einmal oder öfter einer starken Hitze ausgesetzt hatte, überzeugte er sich, daß sie nach jeder Erhitzung größer ward, selbst nachdem sie ihre ursprüngliche Temperatur wieder angenommen hatte. Er bestimmte ihre Capacität durch das Gewicht von reinem Quecksilber, das sie bei 80° F. faßte. So fand er ihre Capacität

vor dem ersten Versuche = 9,13 C. Z.
nach der ersten Erhitzung = 9,64 —
nach der dritten Erhitzung = 10,16 —

Man nimmt an, daß Stahl, wenn man denselben bis auf den Härtungsgrad erhitzt, sich um $^1/_8$ Zoll im Fuße ausdehnt, und bei dem Härten nur etwa um $^1/_{\ldots}$ der Länge, um welche er sich ausdehnte, wieder zusammenzieht, wenn nämlich wirklich Härtung stattfindet, denn sonst zieht er sich beinahe auf seine ursprüngliche Länge zusammen.

Tyler fand indeß, daß diese bleibende Ausdehnung keine nothwendige Folge des Härtens sei, indem er in einer Menge von Fällen, bei dünnen hohlen Cylindern oder flachen Ringen, wo die Abkühlung am leichtesten durch und durch und beinahe augenblicklich geschehen konnte, fand, daß keine bleibende Vergrößerung stattfand.

Während flüssige Körper (namentlich Wasser, s. d. Folg.) bei Annäherung an den Gefrierpunkt sich ausdehnen, ziehen sich, wie Rose beobachtet hat, manche feste Körper bei der Annäherung an ihren Schmelzpunkt bis zu einer gewissen Grenze zusammen. Dies hat Rose *) am Rose'schen Metalle beobachtet, einer Legirung aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn, welche bei 75° R. schmilzt. Wird die Temperatur von 0° aus erhöht, so scheinen die Volumenveränderungen bis etwa 35° R. den Temperaturen nahe proportional zu sein. Bei 35° R. findet ein Punkt höchster Ausdehnung statt, von wo an bei weiterer Erhöhung der Temperatur Zusammenziehung eintritt, welche anfangs sehr rasch geht, aber allmälig abnimmt, bis sie bei 56° R. den niedrigsten Grad erreicht hat. Bei fortgesetzter Erhöhung der Temperatur nimmt nun das Volumen wieder zu bis zu 75° R., wo der Schmelzpunkt des Metalls liegt. Jetzt tropfbar geworden dehnt es sich zwischen 75° und 80° R. noch sehr stark aus, scheint aber sodann wieder denselben regelmäßigen Gang zu befolgen, als von 0° bis 35°. Merkwürdig ist besonders der Umstand, daß das Volumen beim Schmelzpunkte (bei 75° R.) dem beim Punkte der größten Ausdehnung (bei 35° R.) gleich ist.

Eine höchst merkwürdige Entdeckung hat Mitscherlich **) gemacht, nämlich die, daß alle krystallisirten Körper, mit Ausnahme derer, welche zum regulären Systeme gehören (s. Krystall), durch die Wärme nicht nach allen Richtungen gleichmäßig ausgedehnt werden. Die Ausdehnung ist vielmehr in der kleineren Axe bedeutender, als in der größeren. Diese Erscheinung ist mit entsprechenden Veränderungen in den Winkeln der Krystalle verbunden. Bei manchen

*) Vergl. H. Erman über das Rose'sche Metall. Pogg. Ann. Bd. IX. S. 3...
**) Ann. de Ch. et de Ph. T. XXVI. p. 222; Pogg. Ann. Bd. I. S. 125, Bd. ... S. 137, Bd. XLI. S. 213.

Krystallen wird sogar durch die Wärme die größere Axe kleiner, während die kleinere sich ausdehnt. So fand Mitscherlich, daß der Kalkspath, wenn er von $12\frac{1}{2}^0$ bis 83^0 C. erwärmt wird, in der Richtung der Hauptaxe um 0,001737 sich ausdehnt, während er zugleich nach allen darauf senkrechten Richtungen um 0,0005 C. sich zusammenzieht.

Bei Krystallen, welche zum regulären Systeme gehören, fand Mitscherlich, daß ihre Winkel nicht verändert wurden und daß sie sich nach allen Richtungen gleichmäßig ausdehnten. Die Krystalle, deren primitive Gestalt ein Rhombeder oder ein sechsseitiges Prisma, verhalten sich in der Richtung der Hauptaxe anders gegen die Wärme, als in den übrigen Richtungen. Die Krystalle endlich, deren primitive Gestalt ein Rectangulär-Oktaëder oder rhombisches Oktaëder ist, oder im Allgemeinen alle die Krystalle, bei denen die doppelte Strahlenbrechung von zwei Axen abhängig ist, dehnen sich auch nach allen drei Richtungen verschieden aus. Die Ausdehnung der Krystalle richtet sich genau nach den Axen, und zwar dehnen sich die kleineren Axen verhältnißmäßig mehr aus als die größeren. — Durch die Wärme nähern sich die Körper immer mehr dem tropfbaren Zustande, in welchen sie nach Eintritt des erforderlichen Wärmegrades wirklich übergehen. Das beobachtete Kleinerwerden oder doch minder bedeutende Zunehmen der größeren Axe, während die kleinere Axe wächst, muß endlich Gleichheit beider Axen herbeiführen, wie sie im tropfbaren Zustande stattfindet *). Fresnel **) hat ein einfaches Mittel angegeben, die Verschiedenheit der Ausdehnung der Krystalle nach ihren Axen zu beobachten. Man löse zwei sehr dünne Blättchen von einem Gypskrystall ab, und leime sie so auf einander, daß die Linien, welche ihre Axenwinkel mitten durch theilen, sich rechtwinklig kreuzen. Der Tischlerleim, dessen sich Fresnel hierbei bedient, erweicht sich immer bei der Erwärmung, so daß die beiden Blättchen, während sie warm sind, über einander fortgleiten können. Läßt man sie aber erkalten, so erhärtet der Leim und die Blättchen sind mit einander verbunden. Da sie nun in der Richtung auf einander gelegt sind, in welcher der Unterschied der Ausdehnungen am größten ist, so wird das Blättchen, welches am meisten nach einer Richtung ausgedehnt war, sich auch stärker als das andere zusammenziehen, genöthigt sein, sich zu krümmen und die concave Seite eines Blättchen zu bilden, von dem das andere die convexe Seite ausmacht. Das Umgekehrte findet parallel der Axe, in der auf ersterer senkrechten Richtung statt, so daß die zusammengeleimten Blättchen nach dem Erkalten die Form einer krummen Fläche nehmen. Sehr schön und leicht läßt sich die Erscheinung der ungleichen Ausdehnung auch zeigen, wenn man aus Zwillingskrystallen (am besten von Gyps, sogenannte Schwalbenschwänze) Platten so herausschneidet, daß die Schnittflächen senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche sind. Bei der Temperatur, bei welcher der Krystall geschliffen wird, sind diese Schnittflächen ganz eben, und jede giebt von einem entfernten Gegenstande ein einfaches Bild. Wird nun der Krystall auf

*) Entsprechend ist die ebenfalls von Mitscherlich beobachtete Erscheinung, daß, wenn ein Salz bei einer gewissen Temperatur mit einer gewissen Krystallgestalt angeschossen ist, aber nachher einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, bei der es mit einer andern Krystallgestalt angeschossen sein würde, es sich in ein Aggregat von Krystallen dieser letzteren Form verwandelt, ohne daß vorher ein flüssiger Zustand eingetreten ist.

**) Pogg. Ann. Bd. II. S. 109.

60° bis 80° erwärmt, so wird jede Schnittfläche eine gebrochene Ebene und man erblickt zwei Spiegelbilder jenes Gegenstandes.

Man kann auch zwei Krystalle so zusammenkitten, daß ihre Axen verschiedene Richtung haben, und dann Platten auf die angegebene Weise herausschneiden.

Wie nothwendig dem Physiker die Kenntniß der Gesetze der Ausdehnung fester Körper sei, geht schon daraus hervor, daß er bei allen Versuchen mit tropfbaren und ausdehnsam flüssigen Körpern metallner oder gläserner Gefäße sich bedient, deren Ausdehnung durch die Wärme in Rechnung gebracht werden muß, wo es auf Bestimmung der Ausdehnung flüssiger Körper ankommt. Wie groß die Einwirkung der Ausdehnung der festen Körper auf die der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit sei, geht aus folgender Erfahrung hervor. Wenn man ein Thermometer in Wasser von 0° Temperatur bringt, so wird das Queckſilber im Thermometer (besonders wenn es eine etwas große Kugel hat), statt auf 0° zu sinken, erst um ein weniges steigen, und erst nach einiger Zeit auf 0° herabsinken. Umgekehrt wenn man das Thermometer in siedendes Wasser taucht, wird das Queckſilber statt sogleich auf 100° C. zu steigen, erst um ein weniges fallen, und erst nach einiger Zeit auf 100° C. steigen. Der Grund dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, daß sich bei der Erkältung das Glas zusammenzieht, und bei der Erwärmung ausdehnt, bevor noch das Queckſilber die Temperatur des Wassers angenommen hat.

Sehr wichtig ist es auch, die Dimensionsveränderungen, welche astronomische Instrumente durch die Wärme erleiden, zu kennen. Wie man namentlich die Erfahrungen über die verschiedene Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme zu Berichtigung der Pendel benutzt, darüber s. d. Art. Compensation. Andere Anwendungen der Erfahrungen über die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme s. u. d. A. Chronometer, Metallthermometer.

Die tropfbar-flüssigen Körper werden in stärkerem Grade von der Wärme ausgedehnt, als die festen Körper. Da aber die Punkte, bei denen die Körper ihren Aggregationszustand verändern, bei den meisten in ziemlich geringer Entfernung von 0° stehen (einige verwandeln sich in einer Wärme beträchtlich unter 100° C. schon in ausdehnsam-flüssige Körper), so zeigt die Zunahme ihrer Ausdehnung gemäß den Graden der Temperatur bei weiten weniger Gleichmäßigkeit, als bei den festen Körpern.

Allgemein läßt sich wohl festsetzen, daß bei jeder tropfbaren Flüssigkeit einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Ausdehnung entspricht, ferner daß die Ausdehnung mit dem Temperaturgrade zunimmt (aber nicht gleichmäßig), und endlich daß die Zunahme der Ausdehnung einer Flüssigkeit um so stärker wird, je näher der Wärmegrad, welchem sie ausgesetzt wird, ihrem Siedepunkte kommt, bei gleichem Temperaturgrade sich also diejenigen Flüssigkeiten am stärksten ausdehnen, deren Siedepunkt jenem Temperaturgrade am nächsten liegt. In der Nähe ihres Siedepunktes scheinen sich die Flüssigkeiten in einem größeren Verhältnisse auszudehnen, als die Temperatur wächst; in der Nähe der Temperatur, in welcher sie fest werden, verhalten sich aber nicht alle auf gleiche Weise. Man hat nämli

gefunden, daß der Punkt größter Dichtigkeit einer Flüssigkeit nicht immer mit dem ihrer Erstarrung zusammenfällt. Ueber diese Erscheinung beim Wasser wird sogleich gesprochen werden. Es giebt Flüssigkeiten, die sich beim Festwerden wie das Wasser ausdehnen, so z. B. das geschmolzene Eisen, das Wismuth, das Antimon und der Schwefel; andere ziehen sich bei dem Erstarren zusammen, z. B. das Quecksilber.

Die gewöhnliche Art, die Ausdehnung der Flüssigkeiten zu messen, ist dieselbe, auf welcher das Thermometer beruht, und die Schwierigkeiten, welche bei diesen Untersuchungen zu überwinden sind, sind die nämlichen, welche sich der genauen Anfertigung des Thermometers entgegensetzen. Es kommt wesentlich darauf an, Glasröhren zu haben von durchgängig ganz gleicher Weite, oder ein Mittel aufzufinden, die Verschiedenheit der Weite unschädlich zu machen; darüber vergl. d. Art. Thermometer. Auch muß bei diesen Untersuchungen besonders genaue Rücksicht auf die Ausdehnung, welche das Glas durch die Wärme erleidet, genommen werden. Man kann indeß den Einfluß, welchen die Temperatur des festen Körpers auf das Steigen oder Fallen des flüssigen hat, vermeiden (und also die sonst nöthige Correctur ersparen) in der Weise, welche Dulong und Petit*) zur Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Queckſilbers angewandt haben. Man biegt eine Glasröhre so, daß sie zwei Schenkel hat, welche rechtwinklig auf einem mittleren Theile aufstehen. Darauf bringt man diese Röhre in eine solche Stellung, daß die beiden Schenkel genau lothrecht stehen, und gießt die zu untersuchende Flüssigkeit in die Röhre, welche in beiden Schenkeln derselben in gleichem Niveau stehen wird, so lange als beide Schenkel derselben Temperatur ausgesetzt sind. Erwärmt man nun den einen Schenkel, während man den anderen in der ursprünglichen Temperatur erhält, so giebt die Erhebung der Flüssigkeit in dem erwärmten Schenkel die absolute Ausdehnung der Flüssigkeit an. Denn der Einfluß, welchen die Ausdehnung des Glases des erwärmten Schenkels haben könnte, ist aufgehoben durch das Gleichgewicht, welches die Flüssigkeit den Gesetzen der Schwere gemäß in beiden Schenkeln hält, so daß sich also bei Erweiterung der ganzen Röhre die Correctur am Instrumente von selbst vollzieht. Um den Niveauunterschied der Flüssigkeit in beiden Schenkeln genau messen zu können, bedient man sich des Mikrometers oder des Fernrohres.

Da die Ausdehnung sich umgekehrt verhält, wie das specifische Gewicht, so kann man jene aus diesem leicht berechnen, doch muß auch bei dieser Methode auf die Ausdehnung des festen Körpers, dessen man sich bedient, Rücksicht genommen und die Rechnung darnach corrigirt werden. In dieser Art stellte G. G. Schmidt**) mittelst des von ihm verbesserten Fahrenheit'schen Aräometers Beobachtungen an ***).

*) Ann. de Ch. et de Ph. T. VII. p. 127.
**) Gren N. J. Bd. I. S. 216.
***) Vergl. die Untersuchungen von Stampfer über die Ausdehnung des Wassers im Folgenden. S. 592.

Die von ihm gefundenen Dichtigkeiten sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Temperatur R.	Wasser	Weingeist	Terpentinöl	Olivenöl	1 Th. Alkali 1 Th. Wasser	1 Th. Salz 4 Th. Wasser	Doppelt Scheide-Wasser	Vitriolöl
5	10014,312	—	—	—	—	—	—	—
10	10010,084	830,31	—	—	—	—	—	—
15	10000,000	827,21	888,40	917,70	—	1142,00	1170,20	1893,00
20	9985,774	822,84	882,25	912,35	—	1138,85	1166,85	1883,85
25	9968,465	816,40	877,96	907,00	1084,40	1135,80	1161,70	1878,85
30	9948,073	810,64	872,80	902,55	1082,66	1132,55	1157,25	1871,44
35	9924,598	804,83	867,40	900,20	1079,00	1129,10	1152,40	1864,00
40	9898,040	799,38	863,45	896,05	1076,36	1125,35	1148,05	1855,38
45	9868,409	795,60	856,63	890,80	1073,65	1121,85	1142,10	1849,73
50	9835,695	—	850,95	886,02	1064,06	1119,15	1135,35	1843,38
55	9799,898	—	846,10	882,50	1061,35	1115,30	—	1837,88
60	9761,018	—	—	877,02	1057,30	1110,15	—	1831,68
65	9719,055	—	—	—	1052,35	1106,50	—	1824,78
70	9674,009	—	—	—	—	1103,85	—	1819,38
75	9625,880	—	—	—	—	1097,10	—	1813,38
80	9574,668	—	—	—	—	—	—	—

De Luc*) hat eine große Menge Untersuchungen angestellt, mittelst Thermometerröhren, welche er mit verschiedenen Flüssigkeiten füllte. Die Flüssigkeiten, welche er untersuchte, wurden durch Erhitzung vorher von Luft befreit, wodurch sie die Fähigkeit erhielten, ohne zu sieden, weit höhere Temperaturgrade auszuhalten als die, bei denen sie in freier Luft sieden. Er bezeichnete den Punkt des schmelzenden Schnees mit 0 und machte bis zum Siedepunkte des Wassers 80 gleiche Theile. Hiernach zu eine Vergleichung der verschiedenen Stände bei gleichen Temperaturen folgende Tabelle

Quecksilber	Olivenöl	Kamillenöl	Mandelöl	Gesättigte Salzsoole	Alkohol	1 Th. Alkohol 1 Th. Wasser	1 Th. Alkoh. 3 Th. Wasser	Wasser
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	74,6	74,7	74,3	74,1	73,8	73,2	71,6	71,0
70	69,4	69,5	68,8	68,4	67,8	66,7	62,9	62,4
65	64,4	64,3	63,5	62,6	61,9	60,6	55,2	53,1
60	59,3	59,1	58,3	57,1	56,2	54,8	47,7	45,1
55	54,2	53,9	53,3	51,7	50,7	49,1	40,6	38,1
50	49,2	48,8	48,3	46,6	45,3	43,6	34,4	32,1
45	44,0	43,6	43,4	41,2	40,2	38,4	28,4	26,1
40	39,2	38,6	38,4	36,3	35,1	33,3	23,0	20,1
35	34,2	33,6	33,5	31,3	30,3	28,4	18,0	15,1
30	29,3	28,7	28,6	26,5	25,6	23,9	13,5	11,1
25	24,3	23,8	23,8	21,9	21,0	19,4	9,4	7,1
20	19,3	18,9	19,0	17,3	16,5	15,3	6,1	4,1
15	14,4	14,1	14,2	12,8	12,2	11,1	3,4	1,9
10	9,5	9,3	9,4	8,4	7,9	7,1	1,4	0,5
5	4,7	4,6	4,7	4,2	3,9	3,4	0,1	0,0
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
— 5	—	—	—	—4,1	—3,9	—	—	—
—10	—	—	—	—8,0	—7,7	—	—	—

*) J. A. de Luc: Untersuch. über d. Atmosphäre, übers. Leipzig 1776. 2 Th. 8. Bd. I. S. 61

Von Thomson wurde die Ausdehnung der Schwefelsäure, der Salpetersäure und des Terpentinöls untersucht, von Blagden und Gilpin die des Quecksilbers, Wassers und Alkohols; die Resultate hat Thomson*) in folgender Tabelle zusammengestellt.

Temper. C.	Quecksilber	Schwefelsäure	Salpetersäure	Wasser	Terpentinöl	Alkohol
0,00	100000	—	—	—	—	100000
4,45	100081	99752	99514	—	—	100539
10,00	100183	100000	100000	100023	100000	101015
15,56	100304	100279	100468	100091	100460	101688
21,11	100406	100558	100990	100197	100993	102281
26,67	100508	100806	101530	100332	101471	102890
32,22	100610	101054	102088	100694	101931	103517
37,78	100712	101317	102620	100908	102446	104162
43,33	100813	101540	103196	—	102943	—
48,89	100915	101834	103776	101404	103421	—
54,44	101017	102097	104352	—	103954	—
60,00	101119	102320	105132	—	104573	—
65,56	101220	102614	—	102170	—	—
71,11	101322	102893	—	—	—	—
76,67	101424	103116	—	—	—	—
82,22	101526	103339	—	—	—	—
87,78	101628	103587	—	103617	—	—
93,33	101730	103911	—	—	—	—
100,00	101835	—	—	104577	—	—

Newton untersuchte die Ausdehnung des Leinöls und fand das Verhältniß des Volumens bei 0°, 37°,78 und 100° C. = 100000, 102760 und 107250.

Gay-Lussac**) ließ vier Flüssigkeiten, Wasser, Alkohol, Schwefelkohlenstoff und Schwefeläther, von 5 zu 5° erkalten und bestimmte ihre Zusammenziehung in 1000 Theilen der Einheit. Das Wasser siedete bei 100°, der Alkohol bei 78°,41, der Schwefelkohlenstoff bei 46°,60, der Schwefeläther bei 36°,66 C. Ihre Zusammenziehungen waren folgende:

*) System der Chemie. Berlin 1805. Bd. I. S. 451.
**) Ann. de Chim. et de Phys. T. II. p. 130.

Temp.	Waſſer	Diff.	Alkohol	Diff.	Schwefel-Kohlenſt.	Diff.	Schwefeläther	Diff.
0	0,00	3,34	0,00	5,55	0,00	6,14	0,00	8,15
5	3,34	3,27	5,55	5,88	6,14	5,87	8,15	8,02
10	6,61	3,89	11,43	6,08	12,01	5,97	16,17	7,99
15	10,50	2,65	17,51	5,83	17,98	5,82	24,16	7,67
20	13,15	2,81	23,34	5,81	23,80	5,85	31,83	7,31
25	16,06	2,79	29,15	5,59	29,65	5,41	39,14	7,28
30	18,85	2,67	34,74	5,54	35,06	5,42	46,42	5,64
35	21,52	2,58	40,28	5,40	40,48	5,29	52,06	6,71
40	24,10	2,40	45,68	5,17	45,77	5,30	58,77	6,71
45	26,50	2,06	50,85	5,17	51,08	5,20	65,48	6,53
50	28,56	2,04	56,02	4,99	56,28	4,86	72,01	6,37
55	30,60	1,82	61,01	4,95	61,14	5,07	78,38	
60	32,42	1,60	65 96	4,78	66,21		—	
65	34,02	1,45	70,74	4,74	—		—	
70	35,47	1,23	75,48	4,63	—		—	
75	36,70		80,11		—		—	

Die Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme iſt beſonders genau unterſucht worden, weil ſie von beſonderer Wichtigkeit iſt, indem das Queckſilber zu den meiſten Thermometern benutzt wird, wozu es auch wegen der großen Entfernung ſeines Gefrierpunktes von ſeinem Siedepunkte und wegen ſeiner großen Empfindlichkeit für die Wärme vorzüglich geeignet iſt. Dabei dehnt ſich das Queckſilber zwiſchen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte des Waſſers regelmäßig aus, d. h. ſein Volumen nimmt in demſelben Verhältniſſe zu, in welchem die Wärme zunimmt. Zwar iſt dieſem von einigen Phyſikern, namentlich von Roy *) widerſprochen worden, indem derſelbe eine zunehmende Ausdehnung des Queckſilbers wahrgenommen haben wollte; allein die genaueſten Unterſuchungen, welche verſchiedene Phyſiker angeſtellt, haben gelehrt, daß allerdings, und zwar von tief unter 0° liegenden Graden an, die Ausdehnung des Queckſilbers noch bis über den Siedepunkt des Waſſers hinaus regelmäßig ſei. Derartige Unterſuchungen haben angeſtellt De Luc, Flaugergues, Gay-Luſſac **), vorzüglich aber Dulong und Petit ***). Dieſe verglichen die Ausdehnung der Luft und des Queckſilbers, und fanden, daß von einem wenig über dem Erſtarrungspunkte des Queckſilbers liegenden Grade an bis über den Siedepunkt des Waſſers hinaus das Volumen des Queckſilbers im gleichen Verhältniſſe mit der Temperatur zunehme. Folgende Tabelle enthält in Graden der hunderttheiligen Scale die erhaltenen Werthe corrigirt für die Ausdehnung des Glaſes.

*) Phil. Trans. T. LXVII. p. 653.

**) Unterſ. üb. d. Atm. Bd. I. S. 355; Journ. de Ph. T. LXXXII. p. 401; La Place Méc. Cél. T. IV. p. 270.

***) Ann. de Chin. et de Phys. T. VII. p. 118 ff.

Queckſ.-Therm.	Luft-Therm.	Queckſ.-Therm.	Luft-Therm.
— 36,29	— 36,18	0	0
— 34,72	— 34,84	100	100
— 33,31	— 33,40	150	148,70
— 32,27	— 32,13	200	197,05
— 31,63	— 31,54	250	245,05
— 31,26	— 31,04	300	292,70
— 30,46	— 30,59	360	350,00
— 29,68	— 29,64		

Die Angaben dieſer Phyſiker über die wahre Ausdehnung des Queckſilbers ſind leider auf Gay-Luſſac's Beſtimmung der Ausdehnung der Luft geſtützt, indem ſie die Temperatur aus den Angaben des Luft-Thermometers mittelſt des Coefficienten 0,00375 ableiteten, deſſen Richtigkeit (wie ſpäter gezeigt werden ſoll) auch neueren Unterſuchungen in Zweifel gezogen iſt.

Dulong und Petit bedienten ſich der oben S. 585 beſchriebenen Methode, durch welche der ſtörende Einfluß des Glaſes beſeitigt wurde, und fanden als Coefficienten der cubiſchen Ausdehnung des Queckſilbers für 100° C. den Werth 0,018018. Zugleich ergab ſich aus ihren Unterſuchungen, daß über den Siedpunkt des Waſſers hinaus die Ausdehnung des Queckſilbers im Vergleich mit der der Luft ſtärker zunimmt. Die Reſultate ſind:

Temperatur aus der Ausdehnung der Luft abgeleitet	Mittlere Werthe der Ausdehn. des Queckſilbers für 100° C.	Temp. angezeigt von der als gleichförmig vorausgeſ. Ausdehn. des Queckſ.
0°	0 = 0,000000	0°
100°	$\frac{1}{55^1/_2}$ = 0,018018	100°
200°	$\frac{1}{54^1/_4}$ = 0,018433	204°,61
300°	$\frac{1}{53}$ = 0,018868	314°,15

Neuerdings hat Regnault Verſuche über die Ausdehnung des Queckſilbers angeſtellt. S. d. Art. Thermometer.

Die Ausdehnung des Waſſers durch die Wärme iſt ebenfalls vielfach unterſucht worden. Das Waſſer bietet die merkwürdige Erſcheinung dar, deren ſchon oben gedacht worden, daß es nicht im Gefrierpunkte ſein kleinſtes Volumen oder, was daſſelbe iſt, ſeine geringſte Dichtigkeit annimmt, ſondern vielmehr auch im Gefrierpunkte mit einer bedeutenden Kraft ausdehnt. Ueber die Größe dieſer Kraft wurden während des Winters 1828 auf 1829 intereſſante Verſuche im Arſenale zu Warſchau angeſtellt. Es wurde eine Haubitze von Gußeiſen von 1 Z. 8 Lin. Durchmeſſer, 1 Z. 2 Lin. Wanddicke und 1 Z. 2 Lin. Oeffnung, welche 46,29 Cubikzoll faßte, bei einer Lufttemperatur von 21° F. mit Waſſer von 41° F. angefüllt. Als das Waſſer gefroren war, ragte aus dem Halſe der Kugel ein Eiscylinder von dem Durchmeſſer der Oeffnung hervor und wuchs

innerhalb 2 Stunden auf eine Länge von 2 Z. 2 Lin. an. Weiter fand keine Zunahme deſſelben ſtatt, woraus man ſieht, das Volumen des Waſſers hatte beim Gefrieren um 2,31 Cubikzoll oder um $^1/_{20}$ zugenommen. Eine andere Kugel wurde mit Waſſer gefüllt, mit einem Holzpfropf verkeilt und dann der oben angegebenen Temperatur ausgeſetzt. Da wurde der Pfropf herausgetrieben und ſein Platz von Eis eingenommen. Eine dritte Kugel wurde, nachdem ſie mit Waſſer gefüllt war, durch eine eiſerne Schraube verſchloſſen und wieder der erwähnten Temperatur ausgeſetzt. Nach 7 Stunden barſt die Kugel in 2 ungleiche Theile, wovon der größere 7 Fuß, der kleinere 10 Fuß von Ort und Stelle geſchleudert wurde, und doch hatte ſich nur eine 6 Lin. dicke Eiskruſte gebildet, der Reſt war flüſſig geblieben. Endlich wurde noch eine andere Kugel mit Waſſer von 46° F. gefüllt, die Oeffnung mit einer 6 Lin. dicken Schraube geſchloſſen und die Kugel in die Luft von 28° F. Temperatur gebracht. Auch dieſe Kugel barſt in 2 ungleiche Theile, deren einer 4 Fuß weit hinwegflog. Die entſtandene Eiskruſte war 1½ Linien dick, der Reſt blieb flüſſig. Bei einem ferneren Verſuche dieſer Art betrug die Dicke der Kruſte Eis, welches ſich beim Berſten der Kugel zeigte (das wieder bei 28° F. erfolgte), 5 Linien.

Die größte Dichtigkeit*) hat das Waſſer bei einem etwas höheren Grade, als der ſeines Gefrierpunktes iſt. Dieſes wurde zuerſt beobachtet von den Mitgliedern der Accademia del Cimento **) als ſie Verſuche über die Entſtehung des Eiſes anſtellten. Mehrere Phyſiker waren anfänglich geneigt, die beobachtete Erſcheinung der Ausdehnung des Glaſes zuzuſchreiben, wogegen ſich jedoch ſchon Crowne erklärte. De Luc ***) ſtellte eine Reihe von Unterſuchungen an, und wollte gefunden haben, daß der Punkt der größten Dichtigkeit des Waſſers bei 5° C. liege und daß ſich das Waſſer bei gleichen Temperaturunterſchieden über und unter dieſem Punkt gleichviel ausdehne. De Luc hatte indeſſen verſäumt, ſeine Verſuche in Bezug auf die Ausdehnung des Glaſes zu berichtigen. Um genau den Punkt der größten Dichtigkeit des Waſſers zu finden, ſind von mehreren Phyſikern Unterſuchungen angeſtellt worden, welche jedoch die größte Schwierigkeit darin fanden, daß die Ausdehnung der feſten Körper, die beim Meſſen angewandt wurden, in Rechnung gebracht werden mußte. Wichtigere Verſuche wurden in neuerer Zeit von Muncke, Stampfer und Hällſtröm angeſtellt.

Muncke bediente ſich durchgängig reinen deſtillirten zuvor ſtark und anhaltend ausgekochten Waſſers, und die anzuwendenden gläſernen Meßröhren wurden vor dem Verſuche in Bezug auf ihre Ausdehnung unterſucht.

---

*) Der Punkt der größten Verdichtung des Waſſers iſt von den franzöſiſchen Gelehrten bei Beſtimmung der Gewichtseinheit im Meterſyſtem zu Grunde gelegt worden. Dieſe Gewichtseinheit, welche den Namen Gramme führt, iſt dem Gewicht eines, auf den Punkt der größten Verdichtung gebrachten, Cubikcentimeters deſtillirten Waſſers gleich. Hieraus wird man aus der Anzahl von Cubikcentimetern, welche in einem Gefäße enthalten ſind, ſogleich die Anzahl von Grammen Waſſers finden können, die es bei der Temperatur des Maximums der Dichtigkeit enthalten würde; oder hat man umgekehrt durch die Wage die Gewichtsbeſtimmung des bei eben dieſer Temperatur in dem Gefäß enthaltenen Waſſers gefunden, ſo wird ſich ſogleich ſein Volumen daraus ergeben, indem man für jeden Gramm ein Cubikcentimeter rechnet.

**) Musschenbroek Tent. exper. cet. T. I. p. 146. Phil. Tr. 1670. T. V. p. 2021

***) Unterſ. üb. d. Atm. Bd. I. S. 439. Gilb. Bd. I. S. 471.

Die Messungen wurden mit thermometerartigen Apparaten angestellt, welche aus einer Glaskugel von 0,75 bis 1,25 Par. Zoll Durchmesser und einem angeblasenen Thermometerröhrchen von 11 Zoll Länge bestanden. Auf die Röhrchen (von Würzburger Glase) war mit den feinsten Strichen eine Scale von 200 gleichen Theilchen geätzt, sie waren darauf mit reinem Queckſilber gefüllt und nach Art der Thermometer vollständig ausgekocht worden. Zum Messen der Temperaturen bediente ſich Muncke ſehr genauer Thermometer.

Meßröhre und Thermometer wurden in einen irdenen Topf mit Wasser gesenkt, jedoch nicht so, daß ſie den Boden berührten, welches nie richtige Resultate gab, sondern der Beobachter hielt die Röhren beider Instrumente zwiſchen den Fingern möglichſt in der lothrechten Axe des Topfes ſchwebend, die Durchmesser beider Kugeln in einer horizontalen Ebene, und maß die Tiefe der Einſenkung nach derjenigen Höhe ab, bis zu welcher die Flüſſigkeit im Meßröhrchen ſchon aufgeſtiegen war, um den Stand der Flüſſigkeit und die Scale über dem Rande des Topfes bequem erkennen und letztere genau ableſen zu können. Der Topf ſelbſt ſtand in einem blechernen Gefäße mit etwa 2,5 Zoll hohem Rande, welches theils zur Aufnahme des überfließenden Waſſers diente, theis zur Erhaltung einer conſtanten Temperatur förderlich war, zu welchem Ende daſſelbe mit Waſſer von nahe der nämlichen Temperatur gefüllt ward, als welche im Topfe ſelbſt bleibend erhalten werden mußte. Dem Waſſer im Topfe wurde die erforderliche Wärme durch Zugießen von heißem Waſſer oder durch Beimiſchung von etwas Schnee gegeben, welche beide in Gefäßen nahe zur Hand bereit gehalten wurden. Durch dieſes Mittel wurde zuerſt das Waſſer auf die erforderliche Temperatur gebracht, und um es dann die gehörige Zeit unverändert darauf zu erhalten, da die Kugel der Meßröhre ungleich größer und außerdem die Empfindlichkeit in dieſem Apparate größtentheils ungleich geringer gegen den Einfluß des umgebenden Waſſers war, als die des Queckſilbers im Thermometer, wurden in kurzen Zeitintervallen ſo geringe Quantitäten heißen Waſſers oder Schnee zugeſetzt, daß die Temperatur des Waſſers im Topfe eine beliebige Zeit lang unverändert blieb, auf jeden Fall aber lange, als die Flüſſigkeit im Meßröhrchen anhaltend einen bleibenden Stand zeigte.

Dieſes bei Temperaturen zwiſchen etwa 10° und 30° C. leicht ausführbare Verfahren ward indeß ſehr beſchwerlich und langweilig für höhere Grade und reichte nun etwa 60° C. an überhaupt nicht mehr aus, um dem Waſſer die erforderliche Temperatur bleibend zu erhalten. Hier bedienten ſich dann die Experimentatoren zweier Weingeiſtlampen, deren eine durch ihre größere Flamme die Wärme des Waſſers zu erhöhen diente, die andere aber ſo eingerichtet war, daß ſie möglichſt genau hinreichte, die erforderliche Temperatur des Waſſers bleibend zu erhalten. Ein beſtändiges Geſchäft eines der Experimentatoren war hierbei, das Waſſer in dem Topfe beſtändig umzurühren, indem die Beobachtung zeigte, daß erwärmtes Waſſer kaum einige Secunden ruhig ſtehen darf, ohne ſich in Schichten ungleicher Temperatur zu theilen, ſo daß das Thermometer in unbewegtem Waſſer faſt augenblicklich ſeinen Stand veränderte und bei einer nur geringen Veränderung der Tiefe, bis zu welcher es eingetaucht war, um mehr als einen ganzen Grad ſtieg oder fiel.

Da die Röhren der Meßapparate zu kurz waren, als daß die ganze Ausdehnung der in ihnen enthaltenen Flüſſigkeiten in einer einzigen Reihenfolge von

Beobachtungen gemeſſen werden konnte, ſo mußte ein Theil der Flüſſigkeit heraus genommen werden, wenn ſie dem Ende der Scale nahe gekommen war; mit d verminderten Quantität wurde dann eine oder einige der letzten Beobachtung wiederholt, um hierdurch die Quantität der herausgenommenen Flüſſigkeit bestimmen.

Ihre beſte Beſtätigung erhalten die Muncke'ſchen Reſultate durch diejenige welche Stampfer gefunden hat. Denn wenn ihre Zahlenangaben auch nicht durch dieſelben waren, ſo ſtimmten ſie doch näher überein, als die Angaben aller frü ren Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand. Da Stampfer auf eine von Muncke'ſchen weſentlich verſchiedene Art verfuhr, ſo geht aus dieſer Uebere ſtimmung zugleich hervor, mit wie großer Sorgfalt und Genauigkeit beide Phyſi ihre Verſuche angeſtellt haben müſſen. Stampfer hatte bei ſeinen Unterſuch gen zunächſt die Abſicht, das abſolute Gewicht des Waſſers mit möglichſter Sch in Wiener Maß und Gewicht feſtzuſetzen, und derſelbe beſtimmte die Dichtigk des Waſſers durch Abwägung eines Körpers von conſtantem Volumen darin.

Zu dieſem Ende bediente er ſich eines luftdicht verſchloſſenen hohlen Cylind von 3 Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmeſſer, aus etwa $^1/_3$ Linie dickem Meſſingb mit der größten Sorgfalt gearbeitet. Der ganze Cylinder wog etwa 26 Loth; war hohl gearbeitet, um ſein Gewicht zu verringern und um zu bewirken, daß um ſo leichter die Temperatur des Waſſers annehme. Um ſein Volumen für jed Grad der Temperatur genau zu kennen, ſtellte Stampfer vorher eine Reihe v Verſuchen über die Ausdehnung des Meſſings, aus welchem der Cylinder verfer war, mit einer 1 Zoll breiten und 25 Zoll langen Schiene an, zwiſchen Tempe turen von 30° und 50° R. Außerdem wurde noch die geringe Convexität, we die Böden des Cylinders bei Erwärmung der inwendig eingeſchloſſenen Luft v möge zunehmenden Druckes annehmen mußten, durch Hilfsverſuche ausgemit und bei der Volumenbeſtimmung mit in Rechnung gebracht. Zur Wägung bedi ſich Stampfer einer ſehr genauen Wage, welche ſo große Empfindlichkeit ha daß bei Belaſtung von 1 Pfund auf jeder Seite das Zulegen von $^1/_2$ Milligra oder $^1/_8$ Richtpfennig noch eine deutlichen Ausſchlag gab. Als Gefäß für das Waſ diente eine 7 bis 8 Zoll weite und 10 Zoll tiefe Glasglocke, ſo daß der in d Mitte hängende Cylinder rings herum von einer wenigſtens 2 Zoll dicken Waſſ ſchicht umgeben war. Der meſſingene Aufhängedraht war nicht ganz 0,1 Lin dick, und der eingetauchte Theil deſſelben wurde ſo oft gemeſſen, als ſich die Lä änderte. Derſelbe war an einem zu dieſem Behufe mit einem kleinen Loche ver henen meſſingenen Schräubchen befeſtigt, welches in der Mitte der krummen Gr tenfläche des Cylinders angebracht war. Die horizontale Lage des Cylinders be Einſenken ins Waſſer wurde der Lage nach der Richtung der Axe vorgezogen, w die Luft unter ſolchen Verhältniſſen leichter ausweichen konnte. Das Volum des Schräubchens nebſt jedesmaliger Länge des eingeſchraubten Drahtes wurde i in Rechnung gebracht. Die Einſenkung des Cylinders geſchah mit der größt Vorſicht, nachdem derſelbe mit Salzwaſſer gewaſchen war, um jeden fettigen Ueb zug zu vertreiben, der die genaue Adhäſion des Waſſers hätte hindern könn Der Cylinder wurde darauf ſo langſam eingeſenkt, daß die Haarröhrchenkraft m der Benetzung der Oberfläche gleichen Schritt halten konnte. Die Temperatur d Waſſers wurde mittelſt zweier gehörig geprüfter Thermometer gemeſſen, die ei ander gegenüber, ganz nahe am Cylinder, ſo in das Waſſer gehängt wurden

daß ihre Kugeln mit dem Mittelpunkte des Cylinders in einer geraden horizontalen Linie lagen. Jede Thermometerkugel war über einen Zoll von der Wand des Gefäßes entfernt. Zu den Abwägungsversuchen wurde destillirtes Wasser genommen und dieses in der Glasglocke selbst, in welcher die Versuche vorgenommen wurden, abgekocht, um die Luft zu vertreiben, und damit es beim Umgießen nicht aufs neue Luft absorbire. Zuweilen wurde das Wasser in einem Glaskolben ausgekocht und noch siedend in die Glasglocke gegossen, in welcher man es noch einige Minuten kochen ließ. Mit demselben Wasser wurden die Versuche zwei, höchstens drei Tage angestellt, worauf anderes frisch ausgekochtes Wasser genommen wurde. Um die Versuche für verschiedene Wärmegrade des Wassers zu erhalten, wurde dieses bei einer Temperatur an die Wage gebracht, welche um einige Grade höher oder tiefer als die der umgebenden Luft war, so daß während der Beobachtungen die Temperatur des Wassers sich nach und nach jener der Luft näherte. Auch Stampfer bemerkte die Schwierigkeit, die ganze den Cylinder umgebende Wassermenge in eine nach verticaler Richtung gehörig gleiche Temperatur zu versetzen oder die mittlere Temperatur derselben genau zu ermitteln. Da aber die Differenz zwischen der Temperatur der über einander liegenden Schichten um so kleiner wird, je näher die Temperatur des Wassers der Luft kommt, so unternahm Stampfer die Versuche, um eine vollständige Reihe derselben von 0° bis 25° R. zu erhalten, zu verschiedenen Jahreszeiten, und suchte auf diese Weise die jedesmalige Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft möglichst klein zu machen. Bei der Abwägung des Cylinders in Wasser wurde so verfahren. Durch Wegnehmen oder Zugeben kleiner Gewichte wurde das Gleichgewicht etwas gestört, hierauf die Zeit des harfen Einspielens der Zunge abgewartet und für diesen Moment der Stand der beiden Thermometer im Wasser, die Temperatur der umgebenden Luft, die Summe der Gewichte in der Schale und, um die Geschwindigkeit der Temperaturveränderung des Wassers und die Zwischenzeit der Versuche ersehen zu können, auch die Uhrzeit aufgeschrieben. Diese Operation wurde in der Nähe eines ganzen Grades der im Wasser befindlichen Thermometer mehrmals wiederholt und aus den einzelnen Beobachtungen das Mittel genommen. Die Resultate der Wägungsversuche wurden auf den leeren Raum reducirt *).

Hällström stellte ebenfalls sorgfältige Messungen an und hat das besondere Verdienst, die von Muncke und Stampfer gefundenen Beobachtungsreihen einer genauen Rechnung unterworfen zu haben.

Der aus den Beobachtungen dieser drei Physiker entnommene Mittelwerth der Temperatur für die größte Dichtigkeit des Wassers ist 3°,9 C. **) mit einem möglichen Fehler von $\pm$ 0°,04. Die Tabelle für Ausdehnung und Dichtigkeit des Wassers ergab sich wie folgt***):

---

*) Ich habe geglaubt, die von Muncke und Stampfer eingeschlagenen Methoden einläßlicher wiedergeben zu müssen, weil sie nachahmungswerthe Muster von Genauigkeit und Umsicht sind, die wichtigsten Eigenschaften, welche ein experimentirender Physiker haben muß.

**) Auch J. Pierre fand nahe dieselbe Temperatur.

***) Muncke in Gehler's physik. Lex. Art. Wärme. §. 484.

Temperatur nach C.	Volumen	Dichte	Temperatur nach C.	Volumen	Dichte
0°	1,000000	1,000000	51°	1,012033	0,988184
1	0,999950	1,000050	52	1,012497	0,987704
2	0,999915	1,000080	53	1,012962	0,987323
3	0,999894	1,000106	54	1,013438	0,986941
3,9	0,999882	1,000118	55	1,013894	0,986297
4	0,999888	1,000112	56	1,014382	0,985813
5	0,999897	1,000103	57	1,014891	0,985328
6	0,999919	1,000081	58	1,015392	0,984842
7	0,999956	1,000041	59	1,015894	0,984355
8	0,999996	0,999994	60	1,016398	0,983867
9	1,000069	0,999931	61	1,016930	0,983383
10	1,000145	0,999855	62	1,017464	0,982898
11	1,000235	0,999765	63	1,018000	0,982412
12	1,000338	0,999662	64	1,018538	0,981925
13	1,000453	0,999547	65	1,019078	0,981280
14	1,000581	0,999419	66	1,019644	0,980736
15	1,000720	0,999280	67	1,020212	0,980191
16	1,000872	0,999128	68	1,020780	0,979645
17	1,001035	0,998966	69	1,021350	0,979099
18	1,001210	0,998791	70	1,021920	0,978550
19	1,001397	0,998605	71	1,022531	0,977979
20	1,001594	0,998408	72	1,023143	0,977407
21	1,001802	0,998201	73	1,023756	0,976834
22	1,002022	0,997982	74	1,024370	0,976260
23	1,002251	0,997754	75	1,024986	0,975685
24	1,002491	0,997515	76	1,025603	0,975089
25	1,002741	0,997267	77	1,026221	0,974492
26	1,003001	0,997008	78	1,026840	0,973894
27	1,003271	0,996740	79	1,027459	0,973295
28	1,003549	0,996463	80	1,028072	0,972695
29	1,003837	0,996178	81	1,028728	0,972071
30	1,004216	0,995802	82	1,029385	0,971451
31	1,004523	0,995498	83	1,030043	0,970833
32	1,004831	0,995193	84	1,030702	0,970211
33	1,005140	0,994887	85	1,031364	0,969590
34	1,005449	0,994580	86	1,032047	0,968950
35	1,005761	0,994272	87	1,032731	0,968309
36	1,006106	0,993931	88	1,033416	0,967667
37	1,006452	0,993489	89	1,034102	0,967024
37	1,006799	0,993146	90	1,034791	0,966379
39	1,007147	0,992802	91	1,035500	0,965718
40	1,007496	0,992560	92	1,036210	0,965056
41	1,007898	0,992180	93	1,036921	0,964393
42	1,008207	0,991799	94	1,037633	0,963729
43	1,008610	0,991418	95	1,038346	0,963070
44	1,009021	0,991036	96	1,039078	9,962392
45	1,009434	0,990654	97	1,039811	0,961713
46	1,009839	0,990240	98	1,040545	0,961033
47	1,010285	0,989825	99	1,041280	0,960352
48	1,010712	0,989409	100	1,042016	0,959678
49	1,011139	0,988992			
50	1,011570	0,988563			

Ebenſo ſtellte Despretz mit Waſſerthermometern mehrfache ſorgfälti Beobachtungen an, nachdem er vorher die cubiſche Ausdehnung ſeiner Gläſer, ſow

die Capacität eines Theilstrichs der Röhre gegen den Inhalt der Kugel ermittelt hatte, und fand die größte Dichtigkeit des Waſſers aus allen Beobachtungen im Mittel ſehr nahe bei 4° C. Folgende Tabelle enthält beſonders für niedere Temperaturen beachtenswerthe Reſultate*):

Temperatur	Vol. bei 4°=1	Vol. bei 0°=1	Temperatur	Vol. bei 4°=1	Vol. bei 0°=1
− 9° C.	1,001631	1,001504	+35° C.	1,00588	1,00575
− 8	1,001373	1,001246	36	1,00623	1,00610
− 7	1,001135	1,001018	37	1,00659	1,00646
− 6	1,000918	1,000791	38	1,00696	1,00683
− 5	1,000699	1,000572	39	1,00734	1,00721
− 4	1,000562	1,000435	40	1 00773	1,00760
− 3	1,000422	1,000295	41	1,00813	1,00800
− 2	1,000308	1,000181	42	1,00854	1,00841
− 1	1,000214	1,000087	43	1,00895	1,00882
0	1,000127	1,000000	44	1,00937	1,00924
+ 1	1,000073	0,999946	45	1,00979	1,00966
2	1,000033	0,999906	46	1,01022	1,01009
3	1,000008	0,999881	47	1,01065	1,01052
4	1,000000	0,999873	48	1,01109	1,01096
5	1,000008	0,999881	49	1,01153	1,01140
6	1,000031	0,999904	50	1,01198	1,01185
7	1,000071	0,999944	51	1,01243	1,01230
8	1,000122	0,999995	52	1,01299	1,01286
9	1,000188	1,000061	53	1,01346	1,01333
10	1,000268	1,000142	54	1,01394	1,01381
11	1,000360	1,000233	55	1,01443	1,01410
12	1,000472	1,000346	56	1,01493	1,01480
13	1,000586	1,000459	57	1,01543	1,01530
14	1,000715	1,000588	58	1,01594	1,01581
15	1,000875	1,000748	59	1,01645	1,01632
16	1,001022	1,000895	60	1,01697	1,01684
17	1,001207	1,001080	61	1,01750	1,01737
18	1,00139	1,00126	62	1,01803	1,01790
19	1,00159	1,00146	63	1,01857	1,01844
20	1,00180	1,00167	64	1,01912	1,01899
21	1,00201	1,00188	65	1,01968	1,01953
22	1,00223	1,00210	66	1,02025	1,02012
23	1,00246	1,00233	67	1,02083	1,02070
24	1,00269	1,00256	68	1,02141	1,02128
25	1,00293	1,00280	69	1,02200	1,02187
26	1,00318	1,00305	70	1,02259	1,02246
27	1,00344	1,00331	71	1,02319	1,02306
28	1,00371	1,00358	72	1,02379	1,02366
29	1,00399	1,00386	73	1,02440	1,02427
30	1,00428	1,00415	74	1,02501	1,02488
31	1,00458	1,00445	75	1,02562	1,02549
32	1,00489	1,00476	76	1,02624	1,02611
33	1,00521	1,00508	77	1,02687	1,02674
34	1,00554	1,00541	78	1,02751	1,02738

*) Dove, Repert. Bd. VII. S. 215. Ann. de chim. et de phys. T. LXX. p. 5. LXIII. p. 296.

Temperatur	Vol. bei 4°=1	Vol. bei 0°=1	Temperatur	Vol. bei 4°=1	Vol. bei 0°=1
+79° C.	1,02816	1,02803	+90° C.	1,03574	1,03561
80	1,02882	1,02869	91	1,03646	1,03633
81	1,02949	1,02936	92	1,03719	1,03706
82	1,03015	1,03002	93	1,03792	1,03779
83	1,03084	1,03071	94	1,03866	1,03853
84	1,03153	1,03140	95	1,03939	1,03928
85	1,03223	1,03210	96	1,04013	1,04000
86	1,03293	1,03280	97	1,04088	1,04075
87	1,03361	1,03348	98	1,04163	1,04150
88	1,03432	1,03419	99	1,04239	1,04226
89	1,03503	1,03490	100	1,04315	1,04302

Auch die Ausdehnung verschiedener anderer Flüssigkeiten durch die Wärme ist von Muncke*) gleichzeitig mit der des Wassers untersucht worden. Hierbei bediente er sich auch desselben oben beschriebenen Apparates. Die Flüssigkeiten, welche in Untersuchung gezogen wurden, erhielt Muncke größtentheils von dem ausgezeichneten Chemiker L. Gmelin, so daß also ihre völlige Unverfälschtheit angenommen werden kann.

Mit künstlich bereitetem Seewasser, d. h. mit Wasser, welches aus den durch Untersuchung gefundenen Bestandtheilen des Seewassers zusammengesetzt war, hatte vor Muncke schon Erman**) d. J. (eigentlich mit Kochsalzauflösung von 1,0270 specif. Gewicht bei 12° R., was ungefähr das specif. Gewicht des Meerwassers ist) Versuche angestellt und, so lange dasselbe flüssig blieb, keinen Punkt höchster Dichte gefunden. Selbst wenn sich Eis darin bildete, nahm der flüssig gebliebene Theil beständig und sehr stark an Dichtigkeit zu. Salzwasser von 1,024 specif. Gewicht zeigte ebenfalls keinen Punkt höchster Dichtigkeit, wenigstens keinen der merklich vom Gefrierpunkte der Lösung entfernt wäre, also von — 1°,25 R. Salzwasser von 1,010 specif. Gewicht erreicht einen Grad höchster Dichtigkeit bei 1°,50 R., also bedeutend unter dem Grade höchster Dichtigkeit, welches reines Wasser hat. Dies sind Erman's Beobachtungen, welche von Muncke bestätigt worden sind. Muncke's Versuche sind zwischen 0° und 100° angestellt. Er fand durch Berechnung nach der von ihm aufgestellten Formel, daß der Punkt höchster Dichtigkeit für das Seewasser bei — $5^1/_4$° C. liege, und die Beobachtungen Muncke's zeigte, daß bei —1°,25 C. in der That noch Verminderung des Volumens stattfinde. Nach Wrangel's Angabe soll das Seewasser bei — 5° C. zu krystallisiren beginnen, also in der Nähe des nach der Formel gefundenen Punktes höchster Dichtigkeit. Die Resultate von Muncke's Versuchen sind:

*) Vergleiche bezüglich des Folgenden Mém. présentés à l'acad. de St. Petersbourg par divers savants. T. I. p. 249 ff.

**) Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 463. Bd. XLI. S. 72.

Temp.	Volumen	Temp.	Volumen	Temp.	Volumen
0° C.	1,000000	35°	1,007581	70°	1,024107
5	1,000435	40	1,009439	75	1,027007
10	1,001021	45	1,011423	80	1,030104
15	1,001908	50	1,013600	85	1,033526
20	1,003063	55	1,016010	90	1,036835
25	1,004418	60	1,018541	95	1,040440
30	1,005924	65	1,021293	100	1,044210

Auch Despretz untersuchte Meerwasser und Kochsalzlösungen und fand für ersteres (welches bei 20° das specif. Gewicht 1,0273 hatte) als Temperatur des Maximums der Dichtigkeit — 3°,67. Für die Kochsalzlösungen ergab sich:

auf 997,450 Gramm Wasser:	specif. Gewicht	Temperatur des Max. der Dichtigkeit
12,364 Gr. Kochsalz	1,009 bei 6°,26	+ 1°,19
24,692 "	1,018 " 6,26	— 1,69
37,039 "	1,027 " 6,60	— 4,75
74,078 "	—	— 16 ungef.

G. Karsten*) giebt für die Temperatur t^m des Dichtigkeitsmaximums folgende von dem Procentgehalt p der Kochsalzlösung abhängige Formel:

$$t^m = + 3°,92 - 2,4\,p - 0,06\,p^2 + 0,00007\,p^3.$$

Die Ausdehnung des Weingeistes durch die Wärme ist besonders zu berücksichtigen wegen der häufigen Anwendung desselben zu Thermometern, namentlich bei Beobachtungen sehr niedriger Temperaturen. Tralles**) hatte angegeben, daß nach seinen vielen mit größter Sorgfalt angestellten Versuchen die Ausdehnung des absoluten Alkohols von — 26°,11 bis + 37°,22 C. ganz gleichförmig sei und für 1° C. 0,000846 seines Volumens betrage; daß er für die ungleiche Ausdehnung von wasserhaltigem Alkohol kein allgemeines Gesetz gefunden werden könne. Nach Muncke***), welcher seine Formel, nach welcher er die nachstehende Tabelle berechnete, auf Beobachtungen zwischen — 15° und + 65° C. begründete, ist Tralles' erstere Annahme unrichtig. Durch Berechnung nach der Formel würde der Weingeist seine höchste Dichtigkeit sehr nahe bei — 89°,5 C. erlangen. Parry berichtet, daß auf dem Verdecke seines Schiffes bei der Melville-Insel in einer Temperatur von — 45° bis — 48°,5 C. der stärkste Cognac zu einer syrupähnlichen Masse gerann. Hutton hat behauptet, er habe bei — 79° C. den Alkohol zum Gefrieren gebracht, doch hat Niemand bis jetzt seinen Versuch nachmachen können.

Muncke's Tabelle der Ausdehnung des absoluten Alkohols ist folgende:

*) Karsten's Archiv für Bergbau ꝛc. Bd. XIX. S. 1 ff. Fortschritte der Physik 1845. S. 43.

**) Gilb. Ann. Bd. XXXVIII. S. 364.

***) Muncke in Gehl. physik. Lex. Art. Wärme, §. 488.

Temperatur nach C.	Volumen	Temperatur nach C.	Volumen	Temperatur nach C.	Volumen
—100	0,948618	— 26	0,976033	13	1,013676
— 98	0,948293	— 25	0,976853	14	1,014641
— 96	0,948039	— 24	0,977682	15	1,015857
— 94	0,947854	— 23	0,978520	16	1,016934
— 92	0,947736	— 22	0,979367	17	1,018055
— 90	0,947686	— 21	0,980223	18	1,019160
— 88	0,947702	— 20	0,981087	19	1,020270
— 86	0,947783	— 19	0,981960	20	1,021384
— 84	0,947929	— 18	0,982841	21	1,022501
— 82	0,948138	— 17	0,983730	22	1,023622
— 80	0,948411	— 16	0,984628	23	1,024747
— 78	0,948744	— 15	0,985533	24	1,025876
— 76	0,949138	— 14	0,986446	25	1,027007
— 74	0,949592	— 13	0,987368	26	1,028142
— 72	0,950105	— 12	0,988297	27	1,029281
— 70	0,950676	— 11	0,989233	28	1,030422
— 68	0,951304	— 10	0,990177	29	1,031566
— 66	0,951988	— 9	0,991128	30	1,032713
— 64	0,952728	— 8	0,992086	31	1,033863
— 62	0,953521	— 7	0,993052	32	1,035016
— 60	0,954368	— 6	0,994025	33	1,036170
— 58	0,955267	— 5	0,995004	34	1,037328
— 56	0,956218	— 4	0,995990	35	1,038487
— 54	0,957220	— 3	0,996983	36	1,039649
— 52	0,958271	— 2	0,997982	38	1,041978
— 50	0,959371	— 1	0,998988	40	1,044314
— 48	0,960518	0	1,000000	42	1,046657
— 46	0,961713	+ 1	1,001018	44	1,049005
— 44	0,962953	2	1,002042	46	1,051357
— 42	0,964239	3	1,003073	48	1,053713
— 40	0,965568	4	1,004109	50	1,056071
— 38	0,966941	5	1,005150	52	1,058431
— 36	0,968356	6	1,006198	54	1,060791
— 34	0,969813	7	1,007250	56	1,063152
— 32	0,971309	8	1,008309	58	1,065511
— 30	0,972846	9	1,009372	60	1,067868
— 29	0,973628	10	1,010441	62	1,070222
— 28	0,974421	11	1,011514	64	1,072572
— 27	0,975222	12	1,012593	66	1,074917

Je mehr dem absol. Alkohol Wasser beigemischt wird, desto mehr nimmt sein Ausdehnung ab. So ist z. B. für 50° C. das Volumen des absol. Alkohols = 1,056071, das des nicht ganz reinen Alkohols (wie Muncke bei früheren Beobachtungen gefunden hatte) = 1,054394 und das des Wassers = 1,011570.

Die Ausdehnung des Schwefeläthers wurde von Muncke von —21° C bis + 40° C. bestimmt. Dies erscheint auffallend, weil der Siedepunkt des reinen Aethers schon bei + 35° C. liegt. Es beruht aber die Möglichkeit, die Versuche doch noch weiter fortzusetzen, auf dem merkwürdigen Umstande, daß der Aether welcher in offenen Gefäßen wirklich bei 35° C. kochte und auch in der thermometerartigen Meßröhre, deren sich Muncke bediente, so lange er nur die Kugel nicht aber die enge Röhre füllte, bei 35° kochte, erst bei 40°, ja bei 42° zum Kochen kam, wenn er sich in der engen Röhre 6 bis 10 Zoll hinauf erstreckte

Diese Erscheinung hat nach Muncke ihren Grund darin, daß die Dämpfe im letzteren Falle, indem sie sich unten entwickeln, nicht bloß den Druck der Atmosphäre, sondern auch noch den Widerstand zu überwinden haben, den die Adhäsion der Flüssigkeit ihrem Aufsteigen entgegensetzt. Der Punkt größter Dichtigkeit des Aethers fällt nach Berechnung mittelst der Formel nahe genau auf — 36° C.*). Dem entspricht die Bemerkung Fourcroy's und Vauquelin's, daß der Aether bei — 31° C. glänzende Blättchen absetzt, bei — 44° C. aber zu einer weißen krystallinischen Masse gerinnt. Die Tabelle ist folgende:

Volumen des Aethers von 0,734 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Temp.	beobachtet	berechnet	Temp.	beobachtet	berechnet
—21°	0,969642	0,971706	+15°	1,022636	1,022725
15	0,977700	0,978710	20	1,030310	1,030357
10	0,986895	0,985398	25	1,038070	1,038130
5	0,992121	0,992565	30	1,046674	1,046208
0	1,000000	1,000000	35	1,055043	1,054812
+ 5	1,007703	1,007553	40	1,063523	1,064230
10	1,015059	1,015136			

Ebenso ist von Muncke die Ausdehnung der Schwefelsäure von —30° bis + 230° C. beobachtet worden. Die nur aus den Resultaten zwischen 0° und 100° C. abgeleitete Formel giebt für alle Temperaturen zwischen — 100° C. und + 100° C. genauere Resultate, als eine aus allen Beobachtungen abgeleitete Formel, wohingegen diese letzte Formel für höhere Temperaturen brauchbarere Resultate giebt. Nach der aus den Beobachtungen zwischen 0° und 100° C. abgeleiteten Formel liegt der Punkt größter Dichtigkeit der Schwefelsäure bei — 39°,2. Hiermit stimmt überein, daß das zweite Schwefelsäurehydrat, dessen specif. Gewicht = 1,845 ist, nach Thomson in Thermometerkugeln bei — 38° C. gefriert. Die Ansicht der beiden Tabellen, welche Muncke nach beiden erwähnten Formeln berechnet, bestätigt das Gesagte.

Volumen der Schwefelsäure von 1,836 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 100° C. abgeleitet ist. (Lufttherm.)

Temp. C.	Berechnet	Beobachtet	Temp. C.	Berechnet	Beobachtet
— 30	0,98835759	0,98186243	110	1,06611761	1,06382361
— 20	0,99104416	0,98848625	120	1,07493039	1,06918854
— 10	0,99506140	0,99411959	130	1,08352933	1,07510566
0	1,00000000	1,00000000	140	1,09843742	1,08055395
10	1,00551862	1,00567401	150	1,11432442	1,08727137
20	1,01134391	1,01128108	160	1,13380888	1,09397396
30	1,01727050	1,01726336	170	1,15765713	1,10018820
40	1,02284444	1,02319476	180	1,18668346	1,10655921
50	1,02891595	1,02902128	190	1,22177017	1,11288223
60	1,03462395	1,03465294	200	1,26386750	1,11928861
70	1,04026153	1,04019751	210	1,31432158	1,12591284
80	1,04599319	1,04600879	220	1,37323501	1,13224643
90	1,05202145	1,05299768	230	1,44274559	1,13885767
100	1,05861677	1,05784947			

*) Pierre fand ein Dichtigkeitsmaximum nur beim Wasser und schreibt es einem Antheil an zurückgebliebenem Wasser zu, daß Muncke ein solches beim Aether (und Alkohol) gefunden habe. Ann. de chim. et de phys. T. XV. p. 325 ff.

2) Nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 230° C. abgeleitet ist. (Luftthrm.)

Temp. C.	Berechnet	Beobachtet	Temp. C.	Berechnet	Beobachtet
— 30	0,98444724	0,98186245	80	1,14634497	1,04600879
— 25	0,98687121	0,98516516	85	1,04924380	1,04902662
— 20	0,98937250	0,98848625	90	1,05213505	1,05299768
— 15	0,99194328	0,99135488	95	1,05501922	1,05493246
— 10	0,99457611	0,99411939	100	1,05789719	1,05784917
— 5	0,99726392	0,99707687	105	1,06077020	1,06088233
0	1,00000000	1,00000000	110	1,06363987	1,06382361
5	1,00277803	1,00281920	115	1,06650821	1,06665114
10	1,00559208	1,00567401	120	1,06937760	1,06918854
15	1,00843659	1,00842484	125	1,07225080	1,07215479
20	1,01130638	1,01128108	130	1,07513096	1,07310360
25	1,01419663	1,01408097	135	1,07802158	1,07825436
30	1,01710293	1,01726336	140	1,08092592	1,08053395
35	1,02002123	1,02007593	150	1,08679708	1,08727137
40	1,02294785	1,02319476	160	1,09278126	1,09397396
45	1,02587807	1,02611664	170	1,09892386	1,10018826
50	1,02881327	1,02902128	180	1,10527572	1,10635921
55	1,03174663	1,03181878	190	1,11189372	1,11288222
60	1,03468742	1,03465294	200	1,11884079	1,11928866
65	1,03760386	1,03743377	210	1,12618593	1,12591286
70	1,04052435	1,04019751	220	1,13400417	1,13221645
75	1,04343847	1,04312375	230	1,14237660	1,13883767

Anmerk. Bei Temperaturen bis zu +100° C. kann man entweder die Tabelle 1) oder anwenden, indem sie wenig von einander abweichen, doch hat die Tabelle 1) den Vorzug. Für höhere Temperaturen sind dagegen durchaus die berechneten Werthe der Tabelle 2) vorzuziehen.

Ferner untersuchte Muncke die Ausdehnung des rectificirten Steinöls (dessen Gewicht=0,78125 bei 12°,5 C.) und Mandelöls und giebt folgende Tabelle

Temperatur	Steinöl		Mandelöl	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
0° C.	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
5	1,004987	1,004993	1,003837	1,003831
10	1,010000	1,010073	1,007591	1,007479
15	1,015226	1,015225	1,011298	1,011217
20	1,020514	1,020436	1,014917	1,015036
25	1,025728	1,025647	1,018806	1,018846
30	1,031112	1,031001	1,022739	1,022680
35	1,036317	1,036342	1,026487	1,026537
40	1,041659	1,041722	1,030321	1,030419
45	1,047085	1,047140	1,034302	1,034315
50	1,052487	1,052653	1,038306	1,038235
55	1,058190	1,058117	1,042312	1,042210
60	1,063754	1,063694	1,046206	1,046188
65	1,069263	1,069347	1,050337	1,050194
70	1,075160	1,075093	1,054312	1,054214
75	1,081041	1,080951	1,058254	1,058239
80	1,086994	1,086943	1,062320	1,062337
85	1,092913	1,093094	1,066272	1,066407
90	1,099459	1,099434	1,070403	1,070505
95	1,106006	1,105992	1,074591	1,074618
100			1,078701	1,078712
105			1,082963	1,082866
110			1,087041	1,087015
115			1,091130	1,091158
120			1,095284	1,095300

Der Punkt der größten Dichtigkeit fällt nach der Formel für Steinöl nahe bei — 71° C.; für Mandelöl ergab sich kein solcher, dagegen aber ein Punkt der größten Ausdehnung bei 296°, und in der That beginnt auch die Zersetzung des Mandelöls bei 300° C.

Auch für Aetzammoniak, Salzsäure und Salpetersäure, welche Muncke ebenfalls untersuchte, fand sich kein Punkt größter Dichte, dagegen derjenige größter Ausdehnung für Aetzammoniak bei 74°,8 C., für Salzsäure bei 87° bis 88° C., für Salpetersäure bei 186°,3 C. Die Angaben der Ausdehnung dieser Flüssigkeiten enthalten folgende Tabellen:

Ammoniakflüssigkeit von 0,9465 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
−15°C.	0,996107	0,996032	+20°	1,007140	1,007098
10	0,997280	0,997329	25	1,009374	1,009358
5	0,998602	0,998628	30	1,011734	1,011792
0	1,000000	1,000000	35	1,014247	1,014361
+ 5	1,001473	1,001500	40	1,016963	1,017010
10	1,003170	1,003170	45	1,019831	1,019670
15	1,005059	1,005032			

Salzsäure von 1,1978 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
-20°C.	0,988414	0,987971	+15°	1,008377	1,008408
15	0,990999	0,991171	20	1,011282	1,011214
10	0,994039	0,994217	25	1,013994	1,014032
5	0,997046	0,997143	30	1,016830	1,016859
0	1,000000	1,000000	35	1,019605	1,019684
- 5	1,002862	1,002820	40	1,022450	1,022487
10	1,005596	1,005616	45	1,025360	1,025244

Ueber 45° hinaus konnten die Messungen nicht fortgesetzt werden, da Gas in Blasen sich zu entwickeln anfing.

Salpetersäure von 1,4405 specif. Gewicht.

Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
−20°	0,980402	0,977628	+20°	1,021001	1,020992
15	0,984683	0,983476	25	1,026270	1,026248
10	0,989816	0,989127	30	1,031647	1,031554
5	0,993142	0,994623	35	1,036819	1,036925
0	1,000000	1,000000	40	1,042406	1,042377
+ 5	1,005346	1,005295	45	1,047951	1,047920
10	1,010547	1,010540	50	1,053517	1,053364
15	1,015668	1,015763	55	1,059257	1,059312

Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
+60°	1,065273	1,065169	+90°	1,102399	1,102337
65	1,071107	1,071133	95	1,108868	1,108768
70	1,077111	1,077201	100	1,114885	1,115279
75	1,083166	1,083366	105	1,121866	1,121666
80	1,089732	1,089620	110	1,128644	1,128082
85	1,096007	1,095948	115	1,135479	1,134437

Endlich ist von Muncke noch die Ausdehnung des Schwefelkohlenstoffes untersucht worden, der sich im reinen Zustande leicht aufbewahren läßt, auch regelmäßig ausdehnt und daher zu Thermometern geeignet ist. Einen Punkt größter Dichte zeigte derselbe nach der aus 32 Messungen abgeleiteten Formel nicht folgendes ist die nach der Formel berechnete Tafel:

Temperatur	Volumen	Temperatur	Volumen	Temperatur	Volumen
— 50°	0,947852	— 12°	0,986736	+ 30°	1,035347
— 48	0,949783	— 10	0,988913	32	1,037818
— 46	0,951729	— 8	0,991104	34	1,040304
— 44	0,953687	— 6	0,993307	36	1,042804
— 42	0,955656	— 4	0,995525	38	1,045319
— 40	0,957639	— 2	0,997755	40	1,047849
— 38	0,959634	0	1,000000	42	1,050394
— 36	0,961641	+ 2	1,002258	44	1,052954
— 34	0,963661	4	1,004530	46	1,055529
— 32	0,965694	6	1,006816	48	1,058119
— 30	0,967740	8	1,009116	50	1,060724
— 28	0,969799	10	1,011430	52	1,063344
— 26	0,971870	12	1,013757	54	1,065979
— 24	0,973954	14	1,016099	56	1,068630
— 22	0,976052	16	1,018455	58	1,071296
— 20	0,978162	18	1,020825	60	1,073977
— 18	0,980286	20	1,023209	62	1,076674
— 16	0,982423	22	1,025608	64	1,079387
— 14	0,984573	24	1,028021	66	1,082115
— 12	0,986736	26	1,030449	68	1,084858
— 10	0,988913	28	1,032890	70	1,087618

Wie schon oben bemerkt wurde, ist die Ausdehnung der Körper nicht ge proportional der Wärme, sondern nimmt zu, je mehr sich die Temperatur Grade nähert, bei welchem die Körper ihren Aggregatzustand ändern. Hie scheint der Schwefel im flüssigen Zustande eine Ausnahme durch sein abnorm Verhalten zu machen, wie Despretz*) gezeigt hat. Bei diesem Körper n nämlich von seinem Schmelzpunkte (nach Mitscherlich bei 111°) an ein Abnehmen der Ausdehnung statt, so daß er sich durchschnittlich für 1° C.

von 110° bis 130° um 0,000622
" 110° " 150° " 0,000582
" 110° " 200° " 0,000454
" 110° " 250° " 0,000428

*) Pogg. Ann. Bd. XLVI. S. 134. Compt. rend. T. VII. p. 589.

seines Volumens ausdehnt. Muncke ist der Ansicht, daß auch andere Flüssigkeiten nach den Formeln, aus denen man ihre Ausdehnung berechnet, ein ähnliches Verhalten zeigen müßten, indem z. B. für Mandelöl das Maximum des Volumens bei 296° (Luftthermometer) für liquiden Ammoniak bei 74°,75 sich ergiebt, woraus folgt, daß diese Flüssigkeiten von diesen Punkten an sich weniger stark ausdehnen würden.

Die stärkste Ausdehnung scheinen die durch bedeutenden Druck aus Gasen dargestellten Flüssigkeiten zu zeigen, vielleicht weil die Spannkraft ihrer Dämpfe mit der Temperaturzunahme so bedeutend wächst. So soll nach Thilorier *) die flüssige Kohlensäure sogar stärker als die gasige sich ausdehnen, indem sich ihr Volumen von 0° bis 30° C. im Verhältniß von 20 : 29 vergrößert.

Die Untersuchungen über Ausdehnung der Flüssigkeiten beschäftigen auch noch jetzt vielfach die Physiker, insbesondere um die chemischen und physikalischen Eigenschaften derselben näher kennen zu lernen. So untersuchte Frankenheim **) behufs der Berechnung der Synaphie (Cohäsion) eine Anzahl Flüssigkeiten, deren Ausdehnung in folgender Tabelle angegeben ist, das Volumen bei 0° C. als Einheit genommen:

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 142.
**) Pogg. Ann. Bd. LXXII. S. 425.

t° C.	Terpentinöl specif. Gew. = 0,8902 bei 0° C.	Citronenöl ältere Art, spec. Gew. = 0,8380	Citronenöl neuere Art, spec. Gew. = 0,8661	specif. Gewicht = 0,8467	specif. Gewicht = 0,9051	specif. Gewicht = 1,0522	specif. Gewicht = 1,1051	sung sp. Gew. = 1,3632	specif. Gew. = 1,2738
5	1,004268	1,004359	1,004002	1,004532	1,005291	1,002525	1,002631	1,002750	1,002083
10	08599	08776	08107	09034	10763	05175	05398	05567	04208
15	12992	13251	12315	13805	16417	07950	08301	08449	06355
20	17447	17784	16626	18546	22252	10852	11340	11398	08531
25	21965	22375	21039	23357	28369	13880	14515	14412	10736
30	26545	27025	25555	28238	34467	17033	17827	17493	12969
35	31188	31732	30174	33189	40841	20311	21274	20639	15232
40	35893	36498	34896	38216	47408	23716	24857	23852	17522
45	40660	41321	39720	43300	54151	27246	28577	27130	19843
50	45490	46202	44647	48460	61075	30903	32432	30475	22192
55	50382	51142	49627	53690	67818	34685	36424	33885	24570
60	55837	56140	54810	58990	75468	38591	40552	37362	26976
65	60354	61195	60045	64359	82917	42624	44815	40904	29401
70	65483	66309	65383	69798	90587	46782	49215	44513	31876
75	70575	71480	70824	75307		51066	53750	48187	34369
80	75779	76710	76368	80886		55475	58422	51928	36891
85	81046	81998	82014	86535		60011	63230	55734	39442
90	88375	87344	87763	92254		64671	68174	59606	42022
95	91766	92748	93615	98042		69458	73254	63545	44631
100	97220	98210	99570	1,103900		74370	78470	67550	47268
105	1,102736	1,103730	1,105627	09828			83822	71520	
110	08315	09308	11787	15826			89310		
115	13956	14944	18049	21893					
120	19659	20638	24414	28030					
125	25425	26390							
130	31253	32201							
135	37144	38068							
140	43097								
145	49143								
150	55190								

Zu den sorgfältigsten und umfangreichsten neueren Arbeiten über Ausdehnung der Flüssigkeiten gehören unstreitig die von Isidore Pierre*). Dieser Physiker wurde zu seinen Untersuchungen zunächst durch den Mangel eines für niedrige Temperaturen brauchbaren Thermometers veranlaßt, welches mit dem Quecksilberthermometer vergleichbar und beim Gebrauch bequemer als das Luftthermometer wäre. Zu diesem Zwecke prüfte derselbe eine Anzahl Flüssigkeiten, die sich ohne große Schwierigkeit im reinen Zustande herstellen lassen, nämlich:

1) Methylbromür, 2) Aethyloxyd, 3) Aethylchlorür, 4) Aethyljodür, 5) Aethylbromür, 6) Methyljodür, 7) Holzgeist, 8) Alkohol, 9) Ameisenäther, 10) Holzgeistessigäther, 11) Schwefelkohlenstoff, 12) Wasser. Die Reihenfolge dieser Flüssigkeiten ist hier so gestellt, daß die voranstehenden eine vollkommnere Vergleichung mit dem Quecksilberthermometer gestatten, als die nachstehenden, und zwar für Temperaturen unter 0°; für Temperaturen über 0° hingegen ordnen sie sich bezüglich der Vergleichbarkeit so: 3, 1, 2, 5, 6, 4, 9, 10, 7, 8, 11, 12. Hiernach würde das Wasser die unbrauchbarste thermometrische Substanz sein, und ist ebenso unbrauchbar Schwefelkohlenstoff; überhaupt zeigte sich keine dieser Flüssigkeiten in dieser Hinsicht als ganz vorzüglich.

Uebrigens hat Pierre, der sich bei seinen Untersuchungen der gewöhnlichen genauen Methode, Quecksilberthermometer und Thermometer mit der zu untersuchenden Flüssigkeit zu vergleichen, bediente, für beinahe alle Flüssigkeiten mehrere Beobachtungsreihen angestellt, welche vollständig hier wieder zu geben der Raum nicht füglich gestattet. Wir verweisen daher bezüglich der Einzelheiten den Leser auf Pierre's Abhandlung selbst und beschränken uns hier darauf, weiter unten die Formeln anzugeben, welche den Gang der Ausdehnung dieser Flüssigkeiten ausdrücken. Ueberdies ist von der Mehrzahl derselben in der nächstfolgenden Tabelle die Zusammenziehung angegeben, welche sie von ihrem Siedpunkte ab für je 5° Temperaturabnahme berechnet erleiden.

Für das Wasser konnte indeß dieser Physiker keine Formel auffinden, durch welche seine Beobachtungen genau dargestellt würden, die den Temperaturunterschied von — 13°,14 bis + 100° umfassen. Das Maximum der Dichtigkeit fiel hier auf 3°,9, alle übrigen Flüssigkeiten aber zeigten kein Dichtigkeitsmaximum.

Am Schlusse seiner ersten Abhandlung bestätigt Pierre durch seine Beobachtungen die von Gay-Lussac**) gemachte interessante Bemerkung: „daß, wenn man von Alkohol und Schwefelkohlenstoff bei ihren Siedpunkten gleiche Volumina nimmt, diese Volumina unter sich gleich bleiben für die Temperaturen in gleichen Abständen von den respectiven Siedpunkten."

Hauptsächlich, um dieses Gesetz der sogenannten äquidistanten Punkte näher zu prüfen, stellte Pierre eine große Reihe Versuche an, deren Resultate wir, soweit derselbe sie in seiner zweiten und dritten Abhandlung gegeben, aus den Annal. de Ch. et de Ph. 3me Sér. T. XIX. p. 193 und T. XX. p. 5 entlehnt, in folgender Tabelle zusammenstellen. Das Volumen jeder Flüssigkeit bei ihrem Siedpunkte $= 10000$ gesetzt und die Temperatur des letzteren nebst dem dabei stattgefundenen Barometerstande beim Namen der Flüssigkeit angegeben.

*) Ann. de Chim. et de Phys. 3me Sér. T. XV. p. 325. T. XIX. p. 193. T. XX. p. 5. Compt. rend. T. XXIII.

**) Ann. de Chim. et de Phys. 2me Sér. T. II.

Temperaturabstand vom Siedpunkte	Alkohole: Methylalk. (66°,3 bei 759mm)	Amylalk. (131°,8 bei 751,26mm)	Aethylalk. (78°,3 bei 758mm)	Bromüre: Methylbr. (circa 13° b. 759mm)	Aethylbr. (40°,7 bei 757mm)	Jodüre: Methyljod. (43°,8 bei 750,2mm)	Aethyljod. (70° bei 751,7mm)	Acetate: essigs. Methyl. (59°,5 bei 761,2mm)	essigs. Aethyl. (74°,14 bei 766,5mm)	Butyrate: butterssaur. Methyl. (102°,1 bei 743,9mm)	butterssaur. Aethyl. (119° bei 746,5mm)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9931	9932	9938	9926	9925	9934	9938	9923	9922	9924	9933
10	9863	9865	9878	9854	9853	9863	9875	9848	9846	9849	9865
15	9796	9800	9819	9784	9782	9796	9812	9775	9772	9777	9795
20	9732	9737	9761	9715	9713	9733	9752	9703	9700	9706	9724
25	9669	9676	9703	9647	9643	9672	9691	9633	9629	9636	9652
30	9608	9617	9646	9579	9580	9612	9632	9564	9559	9569	9583
35	9547	9559	9590	9509	9516	9552	9572	9497	9491	9503	9515
40	9488	9503	9536	9438	9452	9494	9514	9431	9424	9438	9446
45	9430	9448	9482		9389	9437	9456	9367	9359	9375	9378
50	9373	9394	9429		9327	9381	9401	9304	9295	9312	9313
55	9316	9342	9377		9265	9326	9346	9243	9233	9251	9248
60	9260	9292	9325		9204	9272	9293	9183	9172	9192	9185
65	9206	9241	9275		9148	9218	9239	9124	9112	9133	9124
70		9192	9225		9091	9163	9187	9065	9053	9075	9065
75		9145	9176			9108	9135	9010	8996	9017	9007
80		9098	9128				9084	8955	8940	8961	8950
85		9053	9081				9034	8899	8886	8905	8895
90		9009	9034				8984	8843	8833	8850	8840
95		8966	8989				8935	8788	8781	8795	8787
100		8924	8945				8887		8730	8741	8734
105		8882	8899						8681	8687	8682
110		8841	8856						8633	8633	8630
115		8801								8580	8579
120		8761								8526	8527
125		8722								8472	8476
130		8683								8418	8424
135		8644									8373

vom Gefrierpunkte	(17[illegible]° bei 760,21mm)	(17[illegible]° bei 751,8mm)	(17[illegible]° bei 756,9mm)	(17[illegible]° bei 753,1mm)	(17[illegible]° bei 762,3mm)	(17[illegible]° bei 762,8mm)	(89° bei 760,08mm)	(11[illegible]° bei 758mm)	(132°,6 bei 756,9mm)	mit Quitter (84°,92 bei 761,88mm)	(63° bei 760,02mm)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9951	9929	9943	9930	9942	9936	9913	9924	9941	9932	9939
10	9903	9860	9886	9860	9884	9909	9828	9845	9883	9866	9880
15	9855	9793	9830	9793	9827	9862	9748	9770	9827	9801	9821
20	9807	9726	9774	9727	9771	9817	9672	9698	9772	9738	9764
25	9760	9664	9720	9662	9715	9770	9596	9626	9718	9677	9708
30	9712	9603	9666	9597	9661	9724	9523	9556	9665	9616	9653
35	9667	9543	9612	9536	9606	9677	9457	9485	9613	9557	9599
40	9621	9484	9560	9475	9553	9627	9390	9419	9562	9499	9547
45	9575	9427	9508	9415	9500	9578	9326		9510	9442	9495
50	9530	9371	9456	9356	9448	9530	9264		9460	9386	9449
55	9485	9316	9405	9298	9396	9482	9203		9410	9331	9393
60	9441	9262	9355	9241	9347	9434	9144		9361	9277	9344
65	9397	9209	9305	9185	9297	9387	9085		9312	9223	9296
70	9353	9157	9256	9130	9247	9340	9027		9264	9171	9247
75	9310	9105	9208	9075	9198	9293	8969		9217	9119	
80	9267	9054	9160	9022	9150	9247	8912		9171	9068	
85	9224	9003	9113	8969	9103	9201	8854		9125	9017	
90	9182	8952	9066	8917	9056	9156	8796		9079	8957	
95	9141	8902	9019	8866	9010	9111	8737		9034	8917	
100	9100	8851	8974	8815	8965	9066			8990	8868	
105	9060	8801	8928	8765	8920	9022			8947	8818	
110	9019	8750	8883	8715	8876	8978			8904	8769	
115	8980	8698	8839	8666	8832	8934			8861		
120				8617	8789	8890					
125				8568	8747	8847					
130				8520	8705	8803					
135				8472	8661	8762					
140				8424	8623	8720					
145				8376	8583	8679					
150						8637					

Die Uebereinstimmung, welche in dem Gange der Zusammenziehung bei den ersteren Flüssigkeitsgruppen der Tabelle bis mit den Butyraten wahrzunehmen ist, läßt glauben, daß Compositionen homolog dem Methyl-Aethyl-Alkohol und wahrscheinlich auch dem Amyl-Alkohol von ihren respectiven Siedpunkten ab eine gleichmäßige Zusammenziehung erleiden. Diese Flüssigkeitsgruppen stellte Pierre in seiner zweiten Abhandlung zusammen. In der dritten verglich er einerseits je zwei Flüssigkeiten, die durch Composition eines einfachen beiden gemeinsamen Elementes mit einfachen isomorphen Körpern entstehen, nämlich:

Phosphorchlorid	Ph Cl^3	und	Phosphorbromid	Ph Br^3
"	"	"	Arsenikchlorid	As Cl^3
Doppel-Zinnchlorür	Sn Cl^2	"	Dopp.-Titanchlor.	Ti Cl^2
Kiesel-Chlorür	Si Cl	"	Kiesel-Bromür	Si Br.

Dies sind ziemlich die einzigen derartigen Verbindungen, welche sich ganz rein in Menge darstellen lassen. Andererseits verglich Pierre je zwei Flüssigkeiten, die durch Composition eines beiden gemeinsamen zusammengesetzten Elementes mit isomorphen Elementen entstehen. Unter den zahlreichen derartigen Gruppen wählte er folgende:

Aethylchlorür	Ch C^4H^5	und	Aethylbromür	Br C^4H^5
"	"	"	Aethyljodür	J C^4H^5
Aethylbromür	Br C^4H^5	"	"	"
Methylbromür	Br C^2H^3	"	Methyljodür	J C^2H^3
Holländische Flüssigkeit mit Chlor	$C^4H^4Cl^2$	"	Holländ. Flüssigkeit mit Brom	$C^4H^4Br^2$.

Diese Flüssigkeitsgruppen befolgen das Gesetz der äquidistanten Punkte nicht, sondern erhalten für Temperaturen, welche gleiche Entfernung von den respectiven Siedpunkten haben, verschiedene Volumina, deren Unterschied um so größer wird, je weiter man von den Siedpunkten zurückgeht.

Wir fügen schließlich noch die folgende von Hermann Kopp*) gegebene Tabelle hinzu, welcher denselben Gegenstand in einer sorgfältigen und ziemlich umfangreichen Arbeit behandelte. Auch in dieser Tabelle ist beim Namen der Flüssigkeit deren Siedpunktstemperatur angegeben, welche stets auf 760mm Barometerstand zu beziehen ist.

---

*) Pogg. Ann. Bd. LXXII. S. 1 u. 223.

[illegible]	[illegible] (100°,0)	[illegible] (85°,8)	[illegible] (78°,1)	[illegible] (131°,1)	[illegible] (34°,9)	$C_4H_6O_2$ (200°,8)	C_4H_8O (80°,3	C_6H_6 (80°,4)	$C_6H_8O_6$ (105°,3)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9968	9933	9933	9927	9918	9914	9920	9931	9942
10	9928	9869	9868	9857	9834	9830	9843	9864	9884
15	9894	9806	9805	9789	9754	9750	9767	9796	9828
20	9862	9745	9744	9723	9677	9673	9693	9733	9772
25	9832	9685	9686	9659	9602	9596	9621	9670	9718
30	9802	9627	9628	9598	9530		9551	9607	9664
35	9773	9571	9572	9538	9459		9482	9546	9612
40	9747	9515	9518	9480			9415	9486	9560
45	9723	9460	9465	9424			9350	9427	9509
50	9701	9406	9412	9370			9285	9369	9458
55	9679	9352	9361	9317			9222	9312	9409
60	9660	9299	9311	9266			9159	9255	9360
65	9643	9246	9262	9216				9200	9312
70	9627		9213	9168				9145	9264
75	9614		9165	9120				9091	9217
80	9603		9117	9074				9037	9170
85	9595			9029					9124
90	9589			8985					9079
95	9587			8942					9034
100	9588			8900					8989
105				8858					8944
110				8818					
115				8777					
120				8737					
125				8697					
130				8658					
135				8619					
140									
145									

Temperaturabstand vom Siedpunkte	Essigsäure $C_4H_4O_4$ (117°,3)	Buttersäure $C_8H_8O_4$ (157°,0	Ameisenholzäther $C_4H_4O_4$ (33°,4)	Ameisenäther $C_6H_6O_4$ (54°,9)	Essigholzäther $C_6H_6O_4$ (56°,3)	Essigäther $C_8H_8O_4$ (74°,3)	Butterholzäther $C_{10}H_{10}O_4$ (95°,9)	Butteräther $C_{12}H_{12}O_4$ (114°,8)	Valerianholzäther $C_{12}H_{12}O_4$ (116°,2)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9935	9933	9922	9921	9923	9921	9922	9921	9926
10	9872	9867	9846	9845	9848	9843	9845	9845	9852
15	9810	9803	9773	9772	9774	9767	9770	9770	9781
20	9750	9739	9702	9701	9701	9694	9698	9697	9711
25	9690	9677	9632	9631	9631	9622	9626	9626	9642
30	9632	9616	9564	9564	9562	9552	9557	9556	9575
35	9576	9556	9497	9498	9495	9484	9489	9488	9509
40	9520	9497		9433	9429	9417	9423	9422	9445
45	9466	9439		9369	9365	9352	9358	9356	9381
50	9412	9382		9306	9303	9288	9295	9293	9320
55	9359	9326		9243	9243	9226	9234	9231	9259
60	9307	9271				9165	9173	9170	9202
65	9256	9217				9105	9114	9110	9141
70	9207	9164				9046	9056	9052	9084
75	9157	9112				8988	8999	8994	9028
80	9108	9060					8943	8938	8973
85	9059	9009					8889	8882	8919
90	9012	8959					8834	8828	8866
95	8964	8909					8782	8774	8814
100	8917	8860						8721	8763
105	8870	8812						8669	8712
110	8823	8765						8618	8663
115	8777	8718						8567	8614
120	8731	8671							
125		8625							
130		8579							

Zum Schluſſe fügen wir noch eine Zuſammenſtellung von Formeln hinzu, welche das bei t^0 C. ſtattfindende Volumen einer Flüſſigkeit ausdrücken, ihr Volumen bei $0^0 = 1$ geſetzt.

Aus den Ann. de Chim. et de Phys. 3me Sér. T. XV., XIX., XX. ſind folgende von Pierre gegebene Formeln entlehnt:

Ethylalkohol: $V_t = 1 + 0{,}001048630106063\ t + 0{,}000001750990620\ t^2 + 0{,}000000001345138\ t^3$

Methylalkohol (Holzgeiſt): $V_t = 1 + 0{,}001185569707407\ t + 0{,}000001564932615\ t^2 + 0{,}000000009111344\ t^3$

Schwefelkohlenſtoff: $V_t = 1 + 0{,}001139803833952\ t + 0{,}000001370651328\ t^2 + 0{,}000000019122546\ t^3$

Ethyloxyd (Aether): $V_t = 1 + 0{,}0015132447950619\ t + 0{,}000002359182881\ t^2 + 0{,}00000004005124\ t^3$

Ethylchlorür (Chlorwaſſerſtoffäther, leichter Salzäther): $V_t = 1 + 0{,}0015745784234\ t + 0{,}0000028136581\ t^2 + 0{,}0000000156987\ t^3$

Ethylbromür (Bromwaſſerſtoffäther): $V_t = 1 + 0{,}001337627678064\ t + 0{,}000001501348513\ t^2 + 0{,}000000016900026\ t^3$

Ethyljodür (Jodwaſſerſtoffäther): $V_t = 1 + 0{,}001142251234512\ t + 0{,}00000196381134\ t^2 + 0{,}000000006206415\ t^3$

Methylbromür: $V_t = 1 + 0{,}001415206168177\ t + 0{,}000003315281301\ t^2 + 0{,}000000113809010\ t^3$

Methyljodür: $V_t = 1 + 0{,}001199590835123\ t + 0{,}000002163318353\ t^2 + 0{,}000000010031210\ t^3$

Ameiſenäther: $V_t = 1 + 0{,}001325204736811\ t + 0{,}000002862484865\ t^2 + 0{,}000000006618006\ t^3$

Eſſigſaur. Methyl (Holzgeiſteſſigäther): $V_t = 1 + 0{,}001295954262601\ t + 0{,}000002909820130\ t^2 + 0{,}000000004256971\ t^3$

Amylalkohol (Fuſelalkohol):
von -15 bis $+80^0$: $V_t = 1 + 0{,}000890010672\ t + 0{,}000000657293250\ t^2 + 0{,}000000011845833\ t^3$
von $+80^0$ bis $+131^0{,}8$: $V_t = 1 + 0{,}000898853635\ t + 0{,}000000687446245\ t^2 + 0{,}000000010096172\ t^3$

Eſſigſaur. Ethyl (Eſſigäther): $V_t = 1 + 0{,}001258493886\ t + 0{,}000002956880447\ t^2 + 0{,}000000001492150\ t^3$

Butterſaur. Methyl (Butterholzäther): $V_t = 1 + 0{,}001239895926\ t + 0{,}000000626024909\ t^2 + 0{,}000000013065664\ t^3$

Butterſaur. Ethyl (Butteräther):
bis gegen 90^0: $V_t = 1 + 0{,}001202792100t + 0{,}000000072233787t^2 + 0{,}000000022634601\ t^3$
über 90^0: $V_t = 1 + 0{,}000632742605\ t + 0{,}000012763201629\ t^2 + 0{,}000000050278402\ t^3$

Phosphorchlorid: $V_t = 1 + 0{,}001128618932\ t + 0{,}000000872880045\ t^2 + 0{,}000017923565\ t^3$

Phosphorbromid:
bis 100^0: $V_t = 1 + 0{,}000847204934\ t + 0{,}000000436718628\ t^2 + 0{,}000000002527553\ t^3$
über 100^0: $V_t = 1 + 0{,}000824268122\ t + 0{,}000000914309284\ t^2 + 0{,}000000000055001\ t^3$

Arſenikchlorid: $V_t = 1 + 0{,}000979072746\ t + 0{,}000000966948200\ t^2 0{,}000000001777204\ t^3$

Doppel-Zinnchlorür: $V_t = 1 + 0{,}001132800769\ t + 0{,}000000911710706\ t^2 + 0{,}000000007579789\ t^3$

Doppel-Titanchlorür: $V_t = 1 + 0{,}000942569004\ t + 0{,}000001345791937\ t^2 + 0{,}000000000888044\ t^3$

Kieſel-Chlorür: $V_t = 1 + 0{,}001294119069\ t + 0{,}000002184143631\ t^2 + 0{,}000000040864220\ t^3$

Kieſel-Bromür: $V_t = 1 + 0{,}000952572440\ t + 0{,}000000756742\ t^2 + 0{,}000000000292074\ t^3$

Holländiſche Flüſſigkeit mit Chlor: $V_t = 1 + 0{,}001118932379\,t + 0{,}000001046861382\,t^2 + 0{,}000000010341738\,t^3$

Holländ. Flüſſigkeit mit Brom:
$V_\vartheta = 1 + 0{,}000952696190\,\vartheta + 0{,}000001316506858\,\vartheta^2 + 0{,}000000001062687\,\vartheta^3$
wo $\vartheta = t - 20°{,}09$ und t zwiſchen 20°,09 und 100°,16
$V_\vartheta = 1 + 0{,}001016765988\,\vartheta - 0{,}000000102231770\,\vartheta^2 + 0{,}000000008788007\,\vartheta^3$
wo $\vartheta = t - 20°{,}09$ und t zwiſchen 100°,16 und 132°,6

Brom: $V_t = 1 + 0{,}001038186255\,t + 0{,}000001711380853\,t^2 + 0{,}000000005447118\,t^3$

Aus Pogg. Ann. Bd. LXXII. ſind folgende von Kopp gegebene Formeln:

Waſſer:
- zwiſchen 0° u. 25°: $V_t = 1 - 0{,}000061045\,t + 0{,}0000077183\,t^2 - 0{,}00000003734\,t^3$
- = 25° u. 50°: $= 1 - 0{,}000065415\,t + 0{,}0000077587\,t^2 - 0{,}000000035408\,t^3$
- = 50° u. 75°: $= 1 + 0{,}00005916\,t + 0{,}0000031849\,t^2 + 0{,}0000000072848\,t^3$
- = 75° u. 100: $= 1 + 0{,}00008645\,t + 0{,}0000031892\,t^2 + 0{,}0000000024487\,t^3$

Holzgeiſt (Methyloxydhydrat): $V_t = 1 + 0{,}00115435\,t - 0{,}00000028046\,t^2 + 0{,}0000000776\,t^3$

Alkohol (Ethyloxydhydrat): $V_t = 1 + 0{,}00104139\,t + 0{,}0000007836\,t^2 + 0{,}0000000176\,t^3$

Fuſelalkohol (Amyloxydhydrat): $V_t = 1 + 0{,}00090692\,t + 0{,}00000035970\,t^2 + 0{,}0000000137\,t^3$

Aether (Ethyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}00148026\,t + 0{,}00000350316\,t^2 + 0{,}0000000270\,t^3$

Aldehyd (Acetyloxydhydrat): $V_t = 1 + 0{,}0015464\,t + 0{,}0000069745\,t^2$

Aceton (Eſſiggeiſt): $V_t = 1 + 0{,}00134810\,t + 0{,}0000026090\,t^2 + 0{,}0000000115\,t^3$

Benzol: $V_t = 1 + 0{,}00117626\,t + 0{,}00000127755\,t^2 + 0{,}0000000080\,t^3$

Ameiſenſäure: $V_t = 1 + 0{,}00099269\,t + 0{,}00000062514\,t^2 + 0{,}0000000039\,t^3$

Eſſigſäure: $V_t = 1 + 0{,}00105703\,t + 0{,}00000018323\,t^2 + 0{,}0000000096\,t^3$

Butterſäure: $V_t = 1 + 0{,}0010461\,t + 0{,}00000056244\,t^2 + 0{,}0000000054\,t^3$

Ameiſenholzäther (ameiſenſ. Methyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}0014055\,t + 0{,}0000017131\,t^2 + 0{,}0000000045\,t^3$

Ameiſenäther (ameiſenſ. Ethyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}00136446\,t + 0{,}00000013538\,t^2 + 0{,}0000000039\,t^3$

Eſſigholzäther (eſſigſ. Methyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}0012779\,t + 0{,}0000039471\,t^2 - 0{,}0000000036\,t^3$

Eſſigäther (eſſigſaur. Ethyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}0012738\,t + 0{,}0000021914\,t^2 + 0{,}0000000011\,t^3$

Butterholzäther (butterſ. Methyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}00119565\,t + 0{,}0000018103\,t^2 + 0{,}0000000009\,t^3$

Butteräther (butterſ. Ethyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}00117817\,t + 0{,}0000013093\,t^2 + 0{,}0000000009\,t^3$

Valerianholzäther (valerianſ. Methyloxyd): $V_t = 1 + 0{,}00112115\,t + 0{,}0000017044\,t^2 + 0{,}0000000058\,t^3$

Frankenheim giebt in Pogg. Ann. Bd. LXXII. folgende Formeln:

Terpentinöl: $V_t = 1 + 0{,}0008474\,t + 0{,}0000001248\,t^2$
ſpec. Gew. 0,8902 bei 0° C.

Citronenöl: erſter Art $V_t = 1 + 0{,}0008660\,t + 0{,}0000001161\,t^2$
ſp. G. 0,8380 bei 0° C.

Citronenöl zweiter Art: $V_t = 1 + 0{,}0007902\,t + 0{,}000002053\,t^2$
spec. Gew. 0,8661 bei 0° C.
Petroleum (Steinöl): $V_t = 1 + 0{,}0008994\,t + 0{,}000001396\,t^2$
spec. Gew. 0,8467 bei 0° C.
Essigäther: $V_t = 1 + 0{,}001040\,t + 0{,}00000363\,t^2$
spec. Gew. 0,9051 bei 0° C.
Essigsäure: $V_t = 1 + 0{,}0004924\,t + 0{,}00000513\,t^2$
spec. Gew. 1,0522
Ameisensäure: $V_t = 1 + 0{,}0005126\,t + 0{,}0000027\,21\,t^2$ (annähernd)
spec. Gew. 1,1051
Chlorzinklösung: $V_t = 1 + 0{,}0005435\,t + 0{,}000001320\,t^2$
spec. Gew. 1,3632
Kalilösung: $V_t = 1 + 0{,}0004150\,t + 0{,}000000577\,t^2$
spec. Gew. 1,2738

Folgende Formeln giebt Muncke in Gehler's phys. Lex. Bd. X., die erste jedoch, für das Wasser, ist von Hällström nach Muncke's, Stampfer's und seinen eignen Messungen berechnet:

Wasser: . . . . zwischen 0° u. 30°: $V_t = 1 - 0{,}000057577\,t + 0{,}0000075601\,t^2 - 0{,}000000035091\,t^3$
" 30° u. 100°: $V_t = 1 - 0{,}0000094178\,t + 0{,}00000533661\,t^2 - 0{,}0000000104086\,t^3$

Seewasser: $V_t = 1 + 0{,}000057699381\,t + 0{,}0000050963886\,t^2 - 0{,}000000018733\,t^3 + 0{,}00000000006178\,t^4$

Alkohol: nicht absoluter, dessen specif. Gew. = 0,808 bei 12°,5 C.
$V_t = 1 + 0{,}000989666\,t + 0{,}00000303489\,t^2 - 0{,}0000000395924\,t^3 + 0{,}000000000036364\,t^4$
absoluter, dessen specif. Gew. = 0,8062 bei 0° C.
$V_t = 1 + 0{,}00101511148\,t + 0{,}0000030884\,t^2 - 0{,}0000000192458\,t^3$

Schwefeläther von 0,733 specif. Gew. bei 12°,5 C.:
$V_t = 1 + 0{,}00150268\,t + 0{,}000002552\,14\,t^2 - 0{,}00000015783\,t^3 + 0{,}000000004166\,t^4$

Steinöl: $V_t = 1 + 0{,}000988558\,t + 0{,}00000212046\,t^2 - 0{,}00000002676399\,t^3 + 0{,}0000000001950677\,t^4$

Wasserfreier Ammoniak von 0,9465 spec. Gew. bei 12°,5 C., hinlänglich genaue Formel:
$V_t = 1 + 0{,}000285386\,t + 0{,}0000026002\,t^2 + 0{,}0000000641634\,t^3 - 0{,}000000001046984\,t^4$

Salzsäure von 1,1978 specif. Gew. bei 12°,5 C.:
$V_t = 1 + 0{,}000566237\,t - 0{,}000000829489\,t^2 + 0{,}0000000370847\,t^3 - 0{,}0000000000472156\,t^4$

Salpetersäure von 1,4405 specif. Gew. bei 12°,5 C.:
$V_t = 1 + 0{,}00106612851\,t - 0{,}0000016416108\,t^2 + 0{,}000000044891361\,t^3 - 0{,}000000000198241\,t^4$

Concentrirte Schwefelsäure von 1,836 specif. Gew. bei 12°,5 C. nach 37 Beobachtungen zwischen 5° bis 230°:
$V_t = 1 + 0{,}000551615581\,t + 0{,}00000083851987\,t^2 - 0{,}0000000081712311\,t^3 + 0{,}000000000025216711\,t^4$
dieselbe nach 20 Beobachtungen zwischen 5° und 100°:
$V_t = 1 + 0{,}00052798351\,t + 0{,}00000287180238\,t^2 - 0{,}0000000512240355\,t^3 + 0{,}000000000283244371\,t^4$

Schwefelkohlenstoff: $V_t = 1 + 0{,}001125690639\,t + 0{,}0000017150491\,t^2 - 0{,}000000001211661\,t^3$

Mandelöl (käufliches): $V_t = 1 + 0{,}0007415475\,t + 0{,}0000031343791\,t^2 + 0{,}000000002750899\,t^3 - 0{,}000000000015975079\,t^4$

Olivenöl, von Erman für die Glasausdehnung nach Dulong und Petit corrigirte Formel:
$V_t = 1 + 0{,}0007361262\,t + 0{,}0000003202882\,t^2 + 0{,}000000000497002\,5\,t^3$

Formeln nach älteren Beobachtungen, aus Muncke's Abhandlung in Gehl. phyſ. Lex. Bd. I. S. 610 entlehnt, ſind folgende, bei denen DT die Grade eines mit irgend einer Flüſſigkeit gefüllten Thermometers, t' die des Queckſilberthermometers mit 80theiliger Scala bedeuten, aus denen die Formeln für Centeſimalgrade leicht gefunden werden können, ſobald man 0,8 t ſtatt t' ſetzt.

Für Waſſer giebt Biot nach de Luc's Verſuchen:

$$DT = -0{,}16\,t' + 0{,}0185\,t'^2 - 0{,}00005\,t'^3$$

woraus die für die Glasausdehnung corrigirte abſolute Ausdehnung des Waſſers:

$$\delta t' = -0{,}0000548781\,t + 0{,}00001013951\,t'^2 - 0{,}000000027081\,t'^3$$

Nach Unterſuchungen von Charles erhält Biot die abſolute Ausdehnung:

$$\delta t' = -0{,}00006207\,t' + 0{,}00001019271\,t'^2 - 0{,}000000036028\,t'^3$$

Ekſtrand erhält nach de Luc und Gilpin:

$$DT = -0{,}1888\,t' + 0{,}02255\,t'^2 - 0{,}00015833\,t'^3 + 0{,}0000007771\,t'^4$$

Nach Paucker, welcher ſämmtliche Beobachtungen nach der Methode der kleinſten Quadrate berechnete, iſt:

$$DT = -0{,}10718396\,t' + 0{,}01687206521\,t'^2 - 0{,}0000381616481\,t'^3$$

$$\delta t' = -0{,}00002592227\,t' + 0{,}00000924796911\,t'^2 - 0{,}000000020617881\,t'^3$$

welche letztere Formel das Dichtigkeitsmaximum des Waſſers bei nur 1°,4081 R = 1,7602 angiebt. Nach den Verſuchen von Charles findet dagegen Paucker das Maximum bei 4°,8892 R. aus:

$$\delta t' = -0{,}00006953491\,t' + 0{,}00001054956\,t'^2 - 0{,}000000048216351\,t'^3$$

Aehnlich wie Paucker berechnet Hällſtröm nach ſeinen Meſſungen:

$$\delta t' = +0{,}00006173751\,t' - 0{,}00000816525\,t'^2 + 0{,}0000000180625\,t'^3.$$

Für rectificirten Alkohol berechnet Biot nach de Luc dieſe Formel:

$$DT = 0{,}784\,t' + 0{,}00208\,t'^2 + 0{,}00000775\,t'^3,$$

hiernach die abſolute Ausdehnung:

$$\delta t' = 0{,}00123369\,t' + 0{,}00000322537\,t'^2 + 0{,}000000011981\,t'^3.$$

Paucker berechnet für den von de Luc gebrauchten Alkohol:

$$DT = 0{,}77655803\,t' + 0{,}00230937911\,t'^2 + 0{,}000000607227\,t'^3.$$

Für Alkohol mit Waſſer zu gleichen Theilen vermiſcht giebt Biot nach de Luc:

$$DT = 0{,}705333\,t' + 0{,}00275\,t'^2 + 0{,}000011667\,t'^3$$

und für eine Miſchung von 1 Th. Alkohol mit 3 Th. Waſſer:

$$DT = 0{,}010333\,t' + 0{,}0155277\,t'^2 - 0{,}000039444\,t'^3.$$

Von Biot wurden ferner nach de Luc's Verſuchen berechnet:

für geſättigte Salzſole: $DT = 0{,}820006\,t' + 0{,}0020275\,t'^2 + 0{,}000002775\,t'^3$;
für Kamillenöl: $DT = 0{,}9204416\,t' + 0{,}0013056\,t'^2 - 0{,}000003889\,t'^3$;
für Serpoletöl: $DT = 0{,}949336\,t' - 0{,}0001667\,t'^2 + 0{,}00001\,t'^3$;
für Olivenöl: $DT = 0{,}950667\,t' + 0{,}00075\,t'^2 - 0{,}000001667\,t'^3$;
für daſſelbe Oel endlich berechnete Paucker:

$$DT = 0{,}95713302\,t' + 0{,}0005221126\,t'^2 - 0{,}000000091202\,t'^3.$$

Da die Flüſſigkeiten ſich der Wärme ſo wenig proportional ausdehnen, daß man genöthigt iſt, die Ausdehnung einer jeden einzeln in Tabellen oder mittelſt Formeln anzugeben, ſo kann von einem einfachen Ausdehnungscoefficienten für dieſelben in dem Sinne wie bei den feſten Körpern auch nicht die Rede ſein. Man unterſcheidet daher hier den Coefficienten der mittleren und den der wahren Ausdehnung. Unter dem erſteren verſteht man die Angabe, um den wie vielten Theil ihres Volumens ſich eine Flüſſigkeit für 1° Wärme ausdehnen würde, wenn die Ausdehnung bis zu einem beſtimmten Grad t° gleichförmig wäre. Daher findet man dieſen Coefficienten, indem man den Zuwachs des Volumens durch die Anzahl der Wärmegrade (den Wärmezuwachs) dividirt, er iſt das Verhältniß der ganzen bis t° ſtattgehabten räumlichen Ausdehnung zu dieſen t Graden, ſo daß, wenn das Volumen bei 0° und V_t das bei t° iſt, der

$$\text{Coefficient der mittleren Ausdehnung von } 0^\circ \text{ bis } t^\circ = \frac{V_t - \quad}{t}$$

wird, wobei man ſtatt von 0° auch von einer andern Temperatur τ ausgehn könnte, welcher das Volumen V_τ entſpricht, und dann zu ſchreiben hätte: $\frac{V_t - V_\tau}{t - \tau}$.

Der wahre Ausdehnungscoefficient aber bezieht ſich nur auf eine beſtimmte Temperatur t°, und giebt an, in welchem Verhältniſſe gerade bei dieſer Temperatur die räumliche Ausdehnung zu der ihr entſprechenden Wärmezunahme ſteht. Man findet daher denſelben, indem man die Formel, welche die Größe V_t des Volumens der Flüſſigkeit bei t° angiebt, nämlich:

$$V_t = 1 + at + bt^2 + ct^3 + \ldots$$

nach t differentiirt, u. hat ſomit den Coefficienten der wahren Ausdehnung bei t° $= \frac{dV_t}{dt} = a + 2bt + 3ct^2 + \ldots$.

Die Ausdehnung der expanſiblen Flüſſigkeiten durch die Wärme hat man ſchon vor längerer Zeit beobachtet, man iſt indeß auch jetzt noch nicht zu einem ganz entſcheidenden Reſultate gelangt.

Die erſten Beobachtungen über Ausdehnung der Luft ſtellte Amontons *) an, und machte die Bemerkung, daß ſich dieſelbe zwiſchen dem Gefrier- und Siedepunkte des Waſſers um 0,380 ausdehne, ihr Volumen bei 0° = 1° geſetzt. Die folgenden Beobachtungen ſtimmten jedoch keineswegs hiermit überein und Prieſtley **) fand ſogar die Ausdehnung der Luft zwiſchen den genannten Grenzen = 0,9378, ein Reſultat, welches ſelbſt durch Morveau und Duvernois ***) beſtätigt wurde.

Auffallend genaue Reſultate gab eine von der aſtronomiſchen Strahlenbrechung hergenommene Beſtimmung der Ausdehnung der Luft durch die Wärme. Tobias Mayer †) fand nämlich, daß die lichtbrechende Kraft der Luft durch eine Wärmezunahme von 10° R. um $^1/_{22}$ abnehme, woraus die Ausdehnung der Luft zwiſchen den beiden feſten Punkten des Thermometers = 0,3656 ſein würde, was mit den Reſultaten der neueſten Unterſuchungen faſt ganz übereinſtimmt.

Ziemlich ſorgfältige Verſuche ſtellte der Obercaplan Luz ††) in Gunzenhauſen an. Er bediente ſich einer genau calibrirten Röhre mit angeblaſener Kugel, deren Inhalt er durch Abwiegen mit Queckſilber ſcharf beſtimmte, und die er mit Queckſilber auskochte, um die etwa anhängende Feuchtigkeit wegzuſchaffen. Dann füllte er den Apparat mit der zu meſſenden Luft, ſperrte dieſe durch etwas Queckſilber, ſenkte Kugel und Röhre bis an das ſperrende Queckſilber in Eis, und maß dann die Ausdehnung von 10° zu 10° R., wobei er, das Volumen der Luft bei 0° als Einheit genommen, dieſe Reſultate erhielt:

---

*) Mém. de Paris 1699. 1702 u. 1703 p. 200.
**) Exper. and Observ. T. V. Sect. 32, T. VII. Sect. 6.
***) Ann. de Chim. T. I. p. 256. Gren's Journ. Bd. I. S. 293.
†) J. T. Mayer de refractionibus astron. Altd. 1781. Montucla Histoire des Math. T. IV. p. 135. Kramp Analyse des refract. astron. p. 14.
††) Vollſtändige Beſchreibung aller Barometer ꝛc. Nürnberg 1784. S. 416.

Temperatur	mit Salzen getrocknete Luft	Differenz	gemeine Luft v. 50° Sauss. Hygromet.	Differenz	ganz feuchte Luft	Differenz
		0,0470		0,0490		0,0480
10° R.	1,0470		1,0490		1,0480	
		0,0495		0,0535		0,0630
20	1,0965		1,1025		1,1110	
		0,0463		0,0555		0,0840
30	1,1528		1,1580		1,1950	
		0,0472		0,0470		0,0955
40	1,1900		1,2050		1,2905	
		0,0480		0,0470		0,0825
50	1,2380		1,2520		1,3730	
		0,0480		0,0470		
60	1,2860		1,2990			
		0,0460		0,0450		
70	1,3320		1,3440			
		0,0455		0,0395		
80	1,3775		1,3835			

Als ganz zuverlässig galten bis auf die neuere Zeit die von Gay-Luss aufgefundenen Resultate, da dieser Physiker seine Untersuchungen mit großer Um sicht und Sorgfalt anstellte. Es dürfte daher von Interesse sein, das Verfahre Gay-Lussac's, wie es Biot *) beschreibt, hier ausführlich mitzutheilen.

Um die Ausdehnung gasförmiger Substanzen mit Schärfe zu messen, m man zuvörderst eine bekannte Quantität derselben in Röhren einschließen, die au Genaueste nach Theilen von gleicher Capacität graduirt sind, und sich in Kug endigen, die im Verhältniß zum Durchmesser der Röhre ein bedeutendes Volum haben. In diesen Röhren nun hat man sie unter einem bekannten Druck zu erh ten, sie verschiedenen Temperaturen auszusetzen, und zu beobachten, um wie viel sich dabei ausdehnen oder zusammenziehen; mit einem Worte, man hat ein wahr Gasthermometer zu verfertigen. Zur Genauigkeit dieser Operation sind nun al verschiedene Vorsichtsmaßregeln unerläßlich.

Was zuvörderst die Gradeintheilung der Röhren betrifft, so bedient man sich dazu einer von Gay-Lussac angegebenen (unter d. Art. Thermomete nachzusehenden) Verfahrungsart. Um die Capacität der Kugel, sowie die d Röhre kennen zu lernen, füllt man sie nach einander mit Queckſilber an, un bestimmt nach der Gewichtszunahme, die sie dabei erhalten, und die man durch d Wage mißt, das Volumen, das sie zu fassen vermögen, indem man weiß, daß ei Cubikmillimeter Queckſilber (0,087113 Cubiklinien) bei einer Temperatur vo Null Grad 13,59719 Milligramme (beinahe $^1/_4$ Gran) wiegt. Es ist ferne erforderlich, die Röhren, bevor man die Gase darin einschließt, vollkommen au zutrocknen; denn, wie schon erwähnt, legt sich inwendig an die Glasröhren, welch offen der freien Luft ausgesetzt sind, eine kleine unsichtbare Schicht Feuchtigkeit an welche die Wärme in Dampfgestalt davon losreißt. Entfernt man nun diese dünn

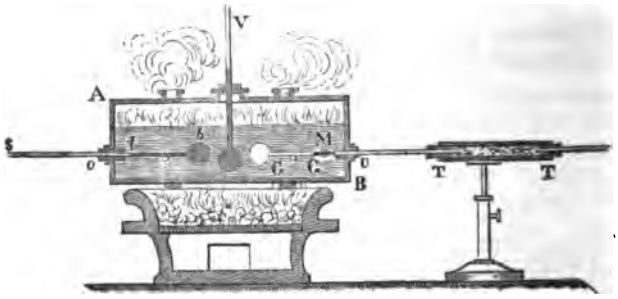
*) Traité T. I. p. 182.

Wasserschicht nicht zuvor, so wird der, bei den verschiedenen Temperaturen daraus sich bildende Dunst sich mit dem in die Röhre gebrachten Gase vermischen und sein Volumen vergrößern. Da nun die Menge der solchergestalt ausgehauchten Dünste mit der Temperatur steigen muß, bis die dünne Wasserschicht gänzlich erschöpft ist, so sieht man, wie vermöge des Einflusses dieser fremden Ursachen die der Gasart eigenthümliche Ausdehnung immer noch einen Zuwachs erhalten muß, der mit der Temperatur steigt. Dies ist für mehrere Physiker eine Ursache der Irrung gewesen.

Das einzige Mittel, sich dagegen zu sichern, ist, diese dünne Wasserschicht vorher durch Verwandlung in Dünste zu vertreiben, indem man die Röhre stark erhitzt. Damit aber die Luft bei freiem Zutritt zur Röhre nicht wieder Feuchtigkeit mit sich in dieselbe hineinbringe, muß man die Röhre mit Queckſilber füllen und dieses darin, wie in einem Thermometer, sieden lassen. Mag nun, was wohl bemerkt zu werden verdient, dieses Sieden die am Glas hängende Wasserschicht ganz oder nicht ganz verjagt haben, wenigstens wird nichts mehr davon ausgehaucht werden können, wenn die Röhre geringern Temperaturen ausgesetzt wird, als die ist, bei welcher das Queckſilber siedet. Dies ist die erste Vorsichtsmaßregel, die Gay-Luſſac nahm.

Um nun in die Röhre nichts, als trockne atmosphärische oder andere Gasarten einzubringen, kittet er an ihr offenes Ende eine andere, weitere Röhre TT, welche sich als eine Art Recipient, das Gas zu fassen, betrachten läßt. Diese Röhre ist zum Theil mit Stücken Chlorcalcium oder eines andern, die Feuchtigkeit einsaugenden Salzes gefüllt. Man kann sie sogar vorher leer machen, damit sich das eingebrachte Gas mit keiner atmosphärischen Luft vermischen könne. Um nun eine gewisse Quantität in die Röhre TG einzubringen, bedient sich Hr. Gay-Luſſac eines kleinen, ganz feinen, schon zuvor in diese Röhre gebrachten Eisendrahts. Er neigt die Röhre oder kehrt sie verkehrt um, und läßt so eine große Menge des darin enthaltenen Queckſilbers ausfließen, dessen Stelle durch ein gewisses Volumen Gas, GG, eingenommen wird. Unter Beobachtung einiger Vorsicht bringt man es so weit, daß in der Röhre nur noch eine kleine Queckſilbersäule M bleibt, die als Kolben dient; der leere Raum GG aber, von M bis zur Kugel der Röhre, ist mit dem hineingebrachten trocknen Gas angefüllt. Operirt man mit atmosphärischer Luft, so hat man nicht nöthig, den Recipienten TT luftleer zu machen; man braucht nur die Luft einige Zeit darin über den Salzen stehen zu lassen, worauf man sie auf die angezeigte Art in die Röhre TG einbringt.

Nach Einbringung des Gases hat man dasselbe nur noch successiv verschiedenen Temperaturen auszusetzen. Zu diesem Zweck bedient sich Gay-Luſſac eines metallenen Gefäßes AB, in Gestalt eines Parallelepipedums, dessen Boden auf einem Ofen von derselben Größe steht. Man gießt Wasser in dieses Gefäß und erhitzt es bis zu verschiedenen Graden. Ein Thermometer V, welches vertical in dieses Wasser taucht und mit seiner Röhre über den Deckel des Gefäßes hinausragt, dient zu einer ungefähren Angabe seiner Temperatur, damit man wisse, ob man das Feuer zu verstärken oder zu schwächen habe.



Keineswegs aber darf die das Gas enthaltende Röhre TG auf dieſelbe Art in das Waſſer tauchen; denn die Erfahrung hat uns gelehrt, daß die verſchiedenen horizontalſchichten einer von unten erhitzten Flüſſigkeit nicht dieſelben Temperaturgrade haben. Um demnach genau zu wiſſen, welchem Grade ſich das Gas ausgeſetzt befinde, muß man die Röhre, worin es enthalten iſt, in eine horizontale Lage bringen, wie die Figur darſtellt, wo man dann die Anzeige ihrer Temperatur in aller Schärfe durch ein genaues Thermometer bis erhält, das jener Röhre gegenüber in derſelben Schicht, gleichfalls horizontal, angebracht iſt.

Allein unſerer Vorausſetzung zufolge war das Gefäß von Metall. Wie iſt es nun möglich, durch ſeine Wände hindurch die Grade des Thermometers bis und den veränderlichen Punkt G der graduirten Röhre, bei welchem in jedem Augenblicke das Gasvolumen ſtehen bleibt, zu beobachten? Es geht nicht an, diesen Punkt G und die Röhre ts des Thermometers beſtändig außerhalb des warmen Waſſerbades zu erhalten, weil ſie dann nicht mehr die Temperatur deſſelben haben und ſomit Irrungen in der Beobachtung veranlaſſen würden. Keinen Nachtheil jedoch kann es bringen, die Röhren von Zeit zu Zeit während des kurzen Zeitraums, der zu ihrer Beobachtung erforderlich iſt, herauszuziehen, was Gay Luſſac auf eine ganz einfache Weiſe bewerkſtelligt. Die Mündungen OO, durch welche die Röhren in das Gefäß eintreten, werden mit Korkſtöpſeln verſchloſſen, welche in der Mitte eine Oeffnung haben, durch die ſich die Röhren mit Reibung hin und zurück ſchieben laſſen. Will man nun den Zuſtand des Gaſes GG beobachten, ſo zieht man die Röhre TG ſo weit heraus, daß das Ende M der kleinen Queckſilberſäule an der Mündung O zum Vorſchein kommt, wo man dann ſieht, bei welchem Punkte der Eintheilung es ſteht, und hierdurch erfährt, welches Volumen das Gas in dieſem Augenblicke hat. Will man nun auch das Thermometer beobachten, ſo zieht man ſeine Röhre gleichfalls heraus, bis das Ende t der Queckſilberſäule an der Mündung O vortritt; der Grad des Thermometers, welchem dieſes entſpricht, wird für den nämlichen Augenblick die Temperatur der Horizontalſchicht anzeigen, in welcher ſich das Gas befindet.

So erfährt man in jedem Augenblick die Temperatur dieſes Gaſes auf das genaueſte. Bringt man alſo erſt Waſſer von 0 Grad in das Gefäß und erhitzt dann ſtufenweiſe die Temperatur deſſelben bis zum Sieden, oder bringt man umgekehrt vom Siedepunkte bis zum Froſtpunkte herab, ſo wird man ganz ſichere Vergleichungen zwiſchen den Veränderungen im Gasvolumen und dem Thermometerſtande anſtellen können, d. h. man wird in jedem Augenblicke durch die, an beiden Röhren verzeichneten, Eintheilungen das ſcheinbare Volumen des Gaſes

ſilbers, ſowie das des Gaſes erfahren können. Zieht man von dieſen gefundenen Größen die Größe der Ausdehnung ab, welche für das Glas, aus dem die Röhren beſtehen, in Betracht kommt, ſo wird man die abſoluten Volumina erhalten. Wenn endlich der Luftdruck während des Laufs der Verſuche Abänderungen erlitten hat, was gewöhnlich der Fall iſt, ſo bringt man dieſerhalb Correctionen nach dem Mariotte'ſchen Geſetze an. Auf ſolche Weiſe erfährt man ganz genau, welches Volumen die nämliche Maſſe Gas bei verſchiedenen Temperaturen, unter Vorausſetzung eines ſich gleichbleibenden Luftdrucks, z. B. von 0m,76, eingenommen haben würde, und man hat dann dieſe Volumina nur noch unter einander zu vergleichen, um zu wiſſen, ob die Ausdehnung gleichförmig oder ungleichförmig erfolgt; denn im erſten Fall werden die ſucceſſiven Zunahmen des nämlichen Volumens den Temperaturzunahmen, welche das Gas erfuhr, proportional ſein, eine Proportionalität, die nicht ſtatt haben wird, wenn die Ausdehnung in wachſendem oder abnehmendem Grade erfolgt. Dieſer Verſuch, auf die beſchriebene Weiſe und mit allen angegebenen Vorſichtsmaßregeln angeſtellt, und ſowohl mit atmoſphäriſcher Luft als andern Gasarten in möglichſt trocknem Zuſtande häufig wiederholt, führte Gay-Luſſac zu dem folgenden Reſultate:

„Alle bleibenden Gasarten, wenn ſie gleicher Temperatur und gleichem Drucke ausgeſetzt werden, dehnen ſich um gleich viel aus, und zwar zwiſchen den beiden feſten Punkten des Thermometers um 0,375 des Volumens, welches ſie bei 0° haben, ſo, daß die Ausdehnung der Gasarten der des Queckſilbers, alſo den Temperaturgraden, genau proportional iſt und für jeden Grad der hunderttheiligen Scala 0,00375 beträgt.“

Ebenſo fand Gay-Luſſac, daß die luftförmigen Subſtanzen, welche der Verflüchtigung tropfbarer Flüſſigkeiten ihren Urſprung verdanken, ſich ganz nach denſelben Geſetzen als die bleibenden Gasarten ausdehnen, ſo lange ſie nicht in tropfbaren Zuſtand zurückkehren. Um dies durch einen Verſuch zu erweiſen, nahm die austrocknenden Salze aus dem Recipienten TT heraus und brachte in die Röhre TG nicht getrocknetes Gas, das mithin mit der Feuchtigkeit geſchwängert war, die es im natürlichen Zuſtande in Dunſtgeſtalt enthält und welche von den austrocknenden Salzen unter Gewichtszunahme derſelben eingeſaugt zu werden vermag. Vermöge dieſes Verfahrens fand ſich der Raum GG mit einer Miſchung von Gas und von Waſſerdünſten angefüllt; und dieſe Miſchung dehnte ſich, wenn ſie ſucceſſiv in verſchiedene, immer höhere Temperaturen gebracht wurde, gerade ſo aus, als hätte daſſelbe Volumen bloß aus trocknem Gaſe beſtanden. Keineswegs aber darf man dieſes Geſetz auch auf ſolche Fälle ausdehnen, wo die Temperatur unter den Grad erniedrigt wird, auf welchem ſie beim Einbringen des Gaſes war; denn wir werden weiterhin durch die Erfahrung nachweiſen, daß daſſelbe Volumen Gas bei einer gegebenen Temperatur nur eine gewiſſe beſchränkte Menge Waſſer in Dunſtgeſtalt enthalten kann; wonach, wenn es bei einem gewiſſen Temperaturgrade mit Waſſerdünſten geſättigt war, beim Sinken der Temperatur ein Theil dieſer Dünſte ſich in tropfbar-flüſſiger Geſtalt niederſchlagen muß. Da dieſer Theil in ſeiner neuen Geſtalt ein weit geringeres Volumen, als vorher, einnimmt, ſo wird dadurch das abſolute Volumen des Gaſes vermindert und ſeine Spannkraft verändert werden, und es werden ſich aus dieſer doppelten Urſache die Geſetze ſeiner ſcheinbaren Ausdehnung abändern müſſen.

Gay-Luſſac hat auch die Ausdehnung des Aetherdunſtes unterſucht und ſie nicht verſchieden von der der Gasarten gefunden, was zu der Vermuthung berechtigen würde, daß dieſes Reſultat allgemein für alle Arten Dünſte gilt, ſo lange ſie im luftförmigen Zuſtande bleiben.

Dalton *) nahm ſchon früher als Gay-Luſſac ähnliche Unterſuchungen vor und kam zu ziemlich gleichlautenden Reſultaten. Er ſtellte ſeine Unterſuchungen ſo an, daß Luft über Schwefelſäure getrocknet, in graduirten gläſernen Röhren einer verſchiedenen Temperatur ausgeſetzt und die dann beobachtete Ausdehnung derſelben gemeſſen wurde. Darin weicht Dalton von Gay-Luſſac ab, daß er die Zunahme der Ausdehnung nicht für gleichmäßig erklärte, ſondern meinte, dieſelbe nehme mit der Temperatur ab. Ganz einig mit Gay-Luſſac iſt Dalton darüber, daß auch Waſſerſtoffgas, Sauerſtoffgas, kohlenſaures und Salpetergas und mithin der Analogie nach alle Gasarten ſich ebenſo ausdehnen wie die atmoſphäriſche Luft. Aus den von Dalton über das Verhalten der Dämpfe und der feuchten Luft aufgeſtellten Geſetzen folgt, daß auch feuchte, und nicht mit tropfbar-flüſſigem Waſſer gemengte Luft, alſo auch Waſſerdämpfe und überhaupt alle vollkommen expandirten Dämpfe eine gleiche Ausdehnung haben als atmoſphäriſche Luft. Die Ausdehnung der expanſiblen Flüſſigkeiten von 0 bis 100° C. giebt Dalton = 0,376 an.

So ſorgfältig auch Gay-Luſſac bei ſeinen Unterſuchungen verfuhr, ſo iſt doch neuerdings Zweifel gegen die Richtigkeit der von dem franzöſiſchen Phyſiker aufgeſtellten Geſetze erhoben worden.

Zuerſt unterwarf Rudberg **) den bisher üblichen Ausdehnungscoefficienten 0,00375 einer nähern Prüfung. Das Weſentliche ſeines Verfahrens beſtand darin, daß er eine Glaskugel, die mit einer in eine feine Spitze auslaufenden Röhre verſehn war, völlig austrocknete, bis auf den Siedpunkt erhitzte und die Spitze zuſchmolz. Dann wurde die Röhre der Kugel in Queckſilber geſenkt, der ganze Apparat (am beſten bis zum Gefrierpunkte) erkältet und die feine Spitze im Queckſilber abgebrochen, worauf letzteres in die Röhre und Kugel drang, da die innen befindliche Luft durch Erkältung zuſammengezogen war. Aus dem Volumen der erhitzten trocknen Luft, die den ganzen Apparat füllte, und dem Volumen der abgekühlten Luft, die ſorgfältig beſtimmt werden mußten, wurde dann, mit Rückſicht auf den Barometerſtand und die Ausdehnung des Glaſes, die Zuſammenziehung der Luft durch Rechnung gefunden. Es ergab ſich als Coefficient der Ausdehnung trockner Luft nur 0,00365 für 1° C., bei feuchter Luft aber 0,00380 und 0,00390, ſo daß die von Gay-Luſſac und Dalton gefundenen Reſultate wohl von Anweſenheit des Waſſerdampfes herrührten.

Ein bequemeres Verfahren, die Gasausdehnung zu meſſen, geſchieht mittelſt eines Apparates, der folgende Einrichtung hat. Zwei verticale nicht zu enge Glasröhren communiciren an ihrem unteren Ende und ſind daſelbſt mit einem Hahne verſehen, durch welchen das in die communicirende Röhre einzufüllende Queckſilber abgelaſſen werden kann. Der eine dieſer Schenkel iſt länger und oben offen, der andere kürzere oben durch eine horizontale enge Röhre mit einem Ball

*) Memoirs of the litterary and philosophical Society of Manchester. London 180 V. P. T. II. p. 595. Gilb, Ann. Bd. XII. S. 310.

**) Pogg. Ann. Bd. XLI. S. 271.

in Verbindung gebracht, welcher durch eine seitwärts einmündende Röhre mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt worden. Das Gas befindet sich also im Ballon, in der horizontalen engen Verbindungsröhre und im oberen Theile der kürzeren Verticalröhre über dem Queckſilber, von welchem es zusammengedrückt wird, sobald im andern offenen Schenkel das Queckſilber höher steht. Man setzt nun den Ballon der Temperatur t^0 der Siedhitze aus, und nöthigt durch Einfüllen von Queckſilber in den offenen Schenkel dasselbe, im kürzeren Schenkel bis zu einer gewissen Marke zu steigen. Ist dann der Höhenunterschied der Queckſilbersäulen in beiden Schenkeln h' und der zugleich beobachtete Barometerstand H', so steht das Gas bei dieser Temperatur unter dem Drucke $H' + h'$. Hierauf wird das Gas auf 0^0 abgekühlt und zieht sich zusammen; damit aber das Queckſilber nicht bis in die enge horizontale Röhre aufwärts nachdringe, läßt man es vorsichtig mittelst des Hahnes aus beiden Verticalschenkeln abfließen, bis es auch bei dieser Temperatur im kürzeren Schenkel bis zu derselben Marke reicht. Jetzt wird wieder der Höhenunterschied der Queckſilbersäulen gemessen und der Barometerstand H beobachtet, was den Druck $H + h$ giebt, unter welchem das Gas bei 0^0 steht.

Sei nun α der Coefficient der cubischen Ausdehnung des Gases für 1^0, δ der des Glases, so vergrößert sich für eine Temperaturzunahme von 0^0 bis t^0 das Gas im Verhältniß von $1 : (1 + \alpha t)$, wenn der Druck $H + h$, welcher bei 0^0 stattfand, constant bleibt. Da aber dieser bei t^0 $H' + h'$ war, so wird das Gasvolumen $1 + \alpha t$ nach dem Mariotte'schen Gesetze auf $\frac{H + h}{H' + h'} \cdot (1 + \alpha t)$ zurückgeführt, und dies ist dem Raume $1 + \delta t$ gleich, den das Glas bei t^0 darbietet, da sich letzteres im Verhältniß $1 : (1 + \delta t)$ ausdehnt. Man hat sonach

$$\frac{H + h}{H' + h'} \cdot (1 + \alpha t) = 1 + \delta t, \text{ also } 1 + \alpha t = \frac{H' + h'}{H + h} \cdot (1 + \delta t),$$

woraus sich α leicht und mit großer Sicherheit bestimmen läßt, man muß aber, wie sich von selbst versteht, die Glasausdehnung δ des Instrumentes bereits vorher kennen.

Eines ähnlichen Apparates bediente sich Rúdberg ebenfalls, nur war statt des Hahnes am untern Ende der Verticalröhren ein Beutel angebracht, der durch eine Schraube gedrückt das Queckſilber in die Röhren preßte; auch waren letztere eng und Rudberg brachte daher die Capillardepression mit in Rechnung.

Die wichtigen Untersuchungen über Ausdehnung der Luft wurden von Magnus *) und besonders von V. Regnault **) wiederholt, die beide unabhängig von einander sorgfältige Versuche anstellten, Letzterer nach vier mit den angegebenen im Wesentlichen übereinstimmenden Methoden. Als Mittel aus den von ihnen gewonnenen Resultaten findet sich:

die Ausdehnung der trocknen atmosphärischen Luft (bei constantem Drucke) für den Temperaturunterschied der beiden festen Thermometerpunkte = 0,366768, wofür man nach Babinet's Vorschlage sehr gut 0,3666... = $^{11}/_{30}$ annehmen kann ***).

---

*) Pogg. Ann. Bd. LV. S. 1.

**) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. IV. p. 5 u. 52. Compt. rend. T. XIV. p. 203. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 141, 391, 557 u. Bd. LVII. S. 115.

***) Muncke in Gehl. phys. Lex. Bd. XI. S. 23 ff.

Dieser Coefficient verdient um so mehr Beachtung, als die Angaben beider Physiker sehr nahe dieselben sind.

Auch mehrere andere Gase untersuchte Regnault und fand die Ausdehnung zwischen 0° und 100° C.:

für Stickstoffgas	0,36682 0,36701 0,36749
" Wasserstoffgas	0,36678
" Kohlenoxydgas	0,36667
" Kohlensäure	0,36896 0,36844 0,36856
" Cyangas	0,36821
" Stickstoffoxydul	0,36763
" schweflige Säure	0,36696
" Chlorwasserstoffgas	0,36812

Sauerstoff und Ammoniakgas gaben keine genügenden Resultate, da sie sich beim Versuch zum Theil mit dem Quecksilber verbanden.

Da Regnault's Apparat die Gase einem größern als dem mittleren atmosphärischen Drucke auszusetzen gestattete, so untersuchte derselbe, ob ein vermehrter Druck Einfluß auf die Ausdehnung habe, und erhielt hierbei folgende Resultate:

für schwefligsaures Gas:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
545,67mm	742,08mm	0,36689
742,49	1010,49	0,36777
772,28	1052,14	0,36907
901,06	1234,35	0,37413

für kohlensaures Gas:

554,89mm	556,52mm	0,36831
555,47	757,54	0,36857
758,47	1034,47	0,36846
759,10	1034,10	0,36866
901,09	1230,37	0,36943

Ferner ergab sich für atmosphärische Luft:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
109,27mm	149,31mm	0,36482
174,36	237,17	0,36513
266,06	395,07	0,36542
374,67	510,35	0,36587
375,23	510,97	0,36572
760,00mm	760,00mm	0,36650
1678,40	2286,09	0,36760
1692,53	2306,23	0,36800
2144,18	2924,04	0,36894
3655,56	4992,09	0,37091

für Kohlensäure:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
758,47mm	1034,54mm	0,36856
901,09	1230,37	0,36913
1742,73	2387,72	0,37523
3598,07	4759,03	0,38598

Hieraus ergiebt sich, daß die Größe der Ausdehnung mit der Dichtigkeit der Gase in einem gewissen Verhältnisse wächst, aber nicht bei einem Gase in demselben Verhältnisse wie bei dem andern, z. B. bei Kohlensäure in einem weit größeren als bei atmosphärischer Luft.

Auch für gleichbleibenden Druck gab Regnault noch folgende Bestimmungen der Ausdehnungs-Coefficienten mehrerer Gase:

atmosphärische Luft: 0,36706; Wasserstoffgas: 0,36613; Kohlenoxydgas: 0,36688; Kohlensäure: 0,37099; Stickstoffoxydul: 0,37195; Cyan: 0,38767: schweflige Säure: 0,39028.

Von Magnus wurden Wasserstoffgas, Kohlensäure und schweflige Säure ebenfalls untersucht und folgende Ausdehnungs-Coefficienten gefunden:

Wasserstoff: 0,365659; Kohlensäure: 0,369087; schweflige Säure: 0,385618; dieselbe nach der 2. Versuchsreihe: 0,384100.

Im Mittel erhält man für diese drei Gase nach den Bestimmungen dieser beiden Physiker folgende jedenfalls sehr beachtenswerthe Resultate:

Ausdehnungs-Coeffic. für Wasserstoff: . . 0,365895
" " " Kohlensäure: . . 0,370038
" " " schweflige Säure: 0,386766

Nach alledem ist es keinem Zweifel unterworfen, daß sich nicht alle Gase gleichmäßig ausdehnen, und daß somit das von Gay-Lussac aufgestellte Gesetz keine Gültigkeit haben kann.

In Rücksicht auf die Gleichförmigkeit der Ausdehnung hat zwar Meikle *) durch Rechnung zu beweisen gesucht, daß für eine arithmetische Reihe der Thermometergrade die Ausdehnung der Luft eine geometrische bilden müsse; indessen geben alle bisher angestellten Versuche keinen Grund, dieser Ansicht zu folgen, und man nimmt allgemein an, daß die Gase sich der Zunahme der Wärme proportional ausdehnen, was wenigstens für Temperaturen zwischen den festen Punkten des Thermometers keinen Fehler veranlassen kann, der zu beachten wäre.

Ausfluß (franz. écoulement; engl. discharge, efflux, effluxion) des Wassers und der Luft.

A. **Ausfluß des Wassers.** Die Lehre vom Ausflusse der tropfbaren Flüssigkeiten, die man im Allgemeinen unter der Benennung Wasser begreift, aus Gefäßen bildet den ersten Theil der Hydraulik. Man unterscheidet dabei vor allen Dingen den Ausfluß bei constantem oder unveränderlichem und den bei veränderlichem Drucke. Unveränderlich ist aber der Druck oder die Druckhöhe des Wassers dann, wenn in den Wasserbehälter, aus welchem Wasser ausfließt, immer ebenso viel Wasser von oben zufließt, als durch die Ausflußöffnung abfließt, oder auch,

*) Philos. Mag. and Ann. T. XI. p. 243.

wenn die in einer gewissen Zeit ausfließende Wassermenge im Vergleich zu dem ganzen Inhalte des Gefäßes außerordentlich klein ist. Das Erstere bewirkt man dadurch, daß aus einem zweiten Gefäße Wasser in den Behälter einströmt, dessen Zufluß durch einen Hahn regulirt wird; auch wohl durch andere Vorrichtungen, z. B. den Schwimmer von Prony und das sogenannte Mariotte'sche Gefäß. Im Folgenden wird zunächst ein constanter Druck vorausgesetzt.

Die Hauptaufgabe der Lehre vom Ausflusse des Wassers ist, diejenige Wassermenge zu bestimmen, welche unter gegebenem Drucke in einer bestimmten Zeit durch eine Oeffnung von gegebener Größe ausfließt. Bezeichnen wir die in Secunden ausgedrückte Zeit mit t, die in jeder Secunde ausfließende Wassermenge mit q, so ist die in t Secunden ausfließende Wassermenge offenbar $Q = tq$. Nehmen wir nun bis auf Weiteres an, daß die Wassertheilchen, in parallelen geraden Linien ausströmend, einen prismatischen Wasserstrahl von dem Querschnitte f bilden, und nennen die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers v, so bildet die in einer Secunde ausfließende Wassermenge ein Prisma, dessen Basis f und Höhe v ist, mithin ist $q = fv$, also $Q = tfv$, was man, um das Gewicht der ausströmenden Wassermenge zu finden, noch mit dem specifischen Gewichte der betreffenden Flüssigkeit zu multipliciren hat.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit v aus der Druckhöhe des Wassers dient der unter dem Namen des Torricelli'schen Gesetzes bekannte Satz: die Ausflußgeschwindigkeit ist derjenigen Geschwindigkeit gleich, welche ein im luftleeren Raume frei fallender Körper erreichen würde, wenn er vom Spiegel des Wassers bis zur Ausflußöffnung herabfiele. Der Beweis desselben läßt sich am elementarsten auf folgende Weise führen. Wenn die unmittelbar über der Oeffnung ab befindliche Flüssigkeitsschicht $abcd$ frei herabfiele, ohne durch den Druck der darüber befindlichen Wassermenge beschleunigt zu werden, so würde sie mit einer der Höhe $ac = h$ entsprechenden Geschwindigkeit $c = \sqrt{2gh}$ ausfließen, wo g die Beschleunigung der Schwere oder 9,8088 Meter $= 31^1/_4$ rheinl. Fuß bedeutet. Da nun aber jene Schicht nicht nur durch ihre eigene Schwere, sondern auch durch das ganze Gewicht des darüber befindlichen Wassers beschleunigt wird, mithin, wenn die auf die ausfließende Schicht wirkende beschleunigende Kraft $= g'$ und die Druckhöhe $af = s$ gesetzt wird, $h : s = g : g'$ ist, woraus $g' = \frac{gs}{h}$ folgt, so ist die wirkliche Ausflußgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gs}$.

Auf experimentalem Wege läßt sich jenes Gesetz folgendermaßen beweisen oder wenigstens prüfen. Man nimmt ein Gefäß mit einer aufwärts gerichteten Oeffnung, die jedoch verschlossen bleibt, bis das Gefäß ganz oder größtentheils mit Wasser gefüllt ist, so wird der aufsteigende verticale Wasserstrahl beinahe das Niveau des Wassers im Gefäße erreichen und unter der Höhe desselben nur wegen der niemals völlig zu beseitigenden Hindernisse der Bewegung mehr oder weniger zurückbleiben. Zu den letzteren gehören: der Widerstand der Luft, die Reibung an den Wänden der Oeffnung und vor allen der nach unten wirkende Druck des wieder herabfallenden Wassers; wendet man die Ausflußöffnung so, daß der aus-

ließende Strahl einen kleinen Winkel mit der Verticallinie macht, so fällt dieser ntere Einfluß weg, da das Wasser nun neben dem aufsteigenden Strahle herab-ällt, und der Strahl steigt dann augenblicklich höher, unter günstigen Umständen is zu 0,9 der Druckhöhe.

Aus dem angeführten Gesetze folgt sofort zweierlei: 1) daß die Ausfluß-chwindigkeit nicht von der Beschaffenheit und dem specifischen Gewichte der Flüs-gkeit, sondern lediglich von der Tiefe der Ausflußöffnung unter dem Niveau hängt; und 2) daß sich die Ausflußgeschwindigkeiten für eine und dieselbe Flüssigkeit ie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten. Hat übrigens das Wasser jon beim Eintritt in das Gefäß eine gewisse Geschwindigkeit c, so erleidet die r v aufgestellte Formel eine Modification und es ist dann $v = \sqrt{2gh + c^2}$.

Mittelst der Formel $Q = tfv = tf\sqrt{2gh}$ läßt sich die ausfließende Wasser-nge nur dann unmittelbar berechnen, wenn die Ausflußöffnung horizontal ist, il hier im Querschnitte f die Geschwindigkeit des Wassers überall gleich ist. Be-idet sich aber die Ausflußöffnung in einer Seitenwand des Gefäßes, welche ver-al oder schräg ist, so muß man unter g eine mittlere oder durchschnittliche Ge-windigkeit des ausfließenden Wassers verstehn. Am gewöhnlichsten sind rectan-läre und kreisrunde Seitenöffnungen (erstere mit zwei horizontalen und zwei rticalen Kanten); reicht die rectanguläre Seitenöffnung bis zum Wasserspiegel, heißt sie ein Ueberfall (franz. déversoir). Jedenfalls kann man annehmen, ß die mittlere Geschwindigkeit diejenige ist, welche in der Nähe des Schwer-nktes der Oeffnung stattfindet. Bei rectangulären Wandeinschnitten oder Ueber-len beträgt sie zwei Drittel von der Geschwindigkeit an der Schwelle oder untern nte des Einschnittes. Will man das Torricelli'sche Gesetz durch Experi-nte prüfen, so müssen die Oeffnungen in dünnen Metallblättchen gemacht sein, mit die Ausflußgeschwindigkeit durch Reibung an den Wänden der Oeffnung glichst wenig vermindert wird.

Ein in horizontaler Richtung ausfließender Wasserstrahl bildet eine Parabel, en Dimensionen von der Ausflußgeschwindigkeit abhängen; den Beweis s. Art. urf. Genau wie bei einem in horizontaler Richtung geworfenen Körper läßt beweisen, daß die ausfließenden Wassertheilchen eine krumme Linie beschreiben, en Ordinaten (hier die horizontalen Abstände von der verticalen Gefäßwand) Quadraten der Abscissen (hier der Abstände von der Ausflußöffnung in verti-r Richtung) proportional sind; eine solche krumme Linie aber ist bekanntlich e Parabel.

Für eine rectanguläre Ausflußöffnung beträgt, wenn die Breite derselben b, Tiefe der untern Kante h_1, die der obern Kante h_2 genannt wird, die in einer unde ausfließende Wassermenge $q = \frac{2}{3} b\sqrt{2g}(h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$, woraus für rectangulären Ueberfall oder für $h_2 = 0$ folgt: $q = \frac{2}{3} b\sqrt{2g}h_1^{3} = bh_1\sqrt{2gh_1}$. Für eine dreieckige Mündung mit horizontaler Basis b, deren e h ist und deren Spitze im Wasserspiegel liegt, ist $q = \frac{2}{5} b\sqrt{2gh^2}$. Liegt gekehrt die Basis der Mündung im Wasserspiegel und ist h die Tiefe der Spitze, ist $q = \frac{4}{15} bh\sqrt{2gh}$. Bildet die Mündung ein Trapez, dessen obere im sserspiegel liegende Basis b_1, dessen untere Basis b_2 und dessen Höhe h ist, so st $q = \frac{2}{15}(2b_1 + 3b_2)h\sqrt{2gh}$. Endlich für ein Dreieck, dessen hori-

zontale Basis b_1 um h_1 und dessen Spitze C um h unter dem Wasserspiegel liegt, ist $q = \frac{2 b_1 \sqrt{2g}}{15} \left(\frac{2 h^{5/2} - 5 h h_1^{3/2} + 3 h_1^{5/2}}{h - h_1} \right)$.

Mit den im Vorigen entwickelten Ausflußgesetzen stimmen die Erfahrungen nur dann ziemlich genau überein, wenn die Ausflußöffnung im Vergleich zur Druckhöhe nur klein ist, wenn sie ferner sich nach innen allmälig erweitert und ohne Ecken oder Kanten an den Boden oder an die Seitenwand des Gefäßes anschließt. Nach Michelotti's, Eytelwein's und Weisbach's Versuchen mit glanzpolirten metallenen Mundstücken beträgt dann die wirklich ausfließende Wassermenge 96 bis 98 Procent der theoretisch bestimmten, also nur 2 bis 4 Procent weniger als diese. Die hier stattfindende, in der Regel aber noch weit bedeutendere Verminderung der Wassermenge — gewöhnlich um den dritten Theil oder mehr — rührt zum Theil von einem Verlust an Geschwindigkeit her, der durch die Reibung des Wassers an dem innern Umfange der Mündung und durch die Klebrigkeit oder unvollkommene Flüssigkeit des Wassers bewirkt wird. Man pflegt das Verhältniß der wirklichen Ausflußgeschwindigkeit zur theoretischen den Geschwindigkeitscoefficienten zu nennen; bezeichnet man ihn mit φ, ist die wirkliche Ausflußgeschwindigkeit $v_1 = \varphi v = \varphi \sqrt{2gh}$.

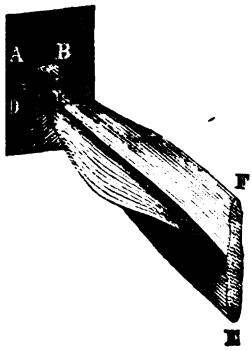
Eine zweite nicht minder einflußreiche Ursache, welche die theoretische Ausflußmenge vermindert, liegt in der Contraction oder Zusammenziehung des ausfließenden Strahles (contractio venae; franz. contraction de la veine). Gleich nach dem Austritte des Strahles aus der Ausflußöffnung zieht sich nämlich der Strahl auffallend zusammen; in einer Entfernung, die ungefähr dem halben Durchmesser der Oeffnung gleich kommt, ist die Contraction am bedeutendsten und zwar beträgt hier der Querschnitt des Strahles nur etwa $^2/_3$ vom Flächeninhalt der Oeffnung selbst, oder, wenn diese kreisrund ist, der Durchmesser des Strahles ungefähr 0,8 vom Durchmesser der Oeffnung. Daß von da an der Strahl sich wieder ausdehne, wie früher angenommen wurde, wird nach Savart's Untersuchungen*) nur bei aufwärts gerichteten Strahlen beobachtet. Das Verhältniß des Querschnittes f_1 des zusammengezogenen Strahles zu dem Querschnitte f der Mündung nennt man den Contractionscoefficienten und bezeichnet ihn mit α, so daß $f_1 = \alpha f$. Der mittlere Werth für den Ausfluß des Wassers durch Mündungen in einer dünnen Gefäßwand ist nach dem Vorigen $\alpha = 0{,}64$. Die Ursache der Zusammenziehung liegt darin, daß nicht nur das in unmittelbarer Nähe der Mündung befindliche Wasser ausfließt, sondern auch das seitwärts befindliche in einer gegen die Ausflußöffnung schrägen Richtung herbeiströmt und mithin schon im Innern des Gefäßes eine Convergenz der Wassertheilchen stattfindet, die sich außerhalb des Gefäßes fortsetzt. Aus Gerstner's Untersuchungen ergiebt sich, daß das Wasser durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand in cykloidischen Curven ausströmt.

Verfolgt man den ausfließenden Strahl auf seinem fernern Wege, so findet man, daß er aus zwei merklich verschiedenen Theilen besteht; der der Mündung zunächstliegende Theil ist ruhig und vollkommen durchsichtig wie Glas, der entferntere Theil ist zerrissen und undurchsichtig und besteht aus abwechselnden Bäuchen und Knoten. Die Bäuche bestehen aus breiten, in horizontaler Richtung ausgedehnten

*) Ann. de Ch. et de Ph. T. LIII. p. 337.

ehnten, die Knoten aus in verticaler Richtung verlängerten Tropfen, so daß ein nd derselbe Tropfen abwechselnd lang und breit werden muß.

Bei nicht kreisförmigen Mündungen erleidet der Strahl merkwürdige Ver=nderungen seiner Gestalt. Bei einer dreiseitigen Mündung bildet der Querschnitt s Strahles in einigem Abstande von der Mündung einen dreistrahligen Stern, i einer vierseitigen einen vierstrahligen, bei einer fünfseitigen einen fünfstrahligen tern ꝛc. Ist die Mündung rectangulär, so nähert sich der Strahl in größerer ntfernung wieder mehr der Gestalt eines Rechteckes, bei welchem aber die langen iten da liegen, wo das Rechteck der Mündung seine kurzen Seiten hat, und umge=hrt, also die ursprüngliche Lage des Rechteckes verwendet erscheint. Aehnliche ndungen (franz. renversemens ou inversions et redressemens) beobachtet man auch bei quadratischen Oeffnungen, wo es scheint, als wenn sich der Querschnitt des Strahles in einer gewissen Entfernung von der Oeffnung um 45 Grad gedreht oder gewendet habe. Ueber den Ausfluß bei verschiedenartigen Oeffnungen hat Bi=done umfassende Versuche angestellt; in Bezug auf quadratische Oeffnungen aber haben Poncelet und Lesbros die genauesten Strahlenmessungen vorgenommen und dabei einen auffallend kleinen Contractionscoefficienten $\alpha = 0{,}563$ gefunden.



Das Product aus dem Geschwindigkeits= und dem Contractionscoefficienten giebt den Ausfluß=coefficienten, welcher das Verhältniß der wirk=n zur theoretischen oder hypothetischen Ausflußmenge ausdrückt. Bezeichnet n ihn mit μ, so ist die wirkliche Ausflußmenge in einer Secunde $q_1 = \mu q = q = \alpha\varphi f v = \alpha\varphi f \sqrt{2gh}$. Bei kleinen Mündungen und kleinen Ausfluß=windigkeiten ist der Ausflußcoefficient größer als bei großen Mündungen und ßen Geschwindigkeiten; ferner bei langen und schmalen Mündungen größer als bei dratischen oder kreisförmigen. Für quadratische Mündungen von 1 bis 9 Qua=tzoll Inhalt und 7 bis 21 Fuß Druckhöhe ist nach den Versuchen von Bossut Michelotti der mittlere Ausflußcoefficient $\mu = 0{,}610$, für kreisförmige $^1/_2$ bis 6 Zoll Durchmesser und 4 bis 21 Fuß Druckhöhe ist $\mu = 0{,}615$. h Weisbach's Versuchen nimmt der Ausflußcoefficient zu, wenn die Mün=gsgröße und die Druckhöhe abnehmen, und zwar beträgt er für eine runde ndung von 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 Centimeter Durchmesser bei einem Drucke von Meter resp. 0,628; 0,621; 0,614; 0,607, dagegen für gleichgroße Mün=gen bei einem Drucke von 0,25 Meter resp. 0,637; 0,629; 0,622; 0,614. nso fand ihn Hachette*) = 0,69 für eine Höhe von 16 Millim. und = 0 für eine Höhe von 16 Centim.

Ueber den Ausfluß durch größere rectanguläre Oeffnungen in einer Seiten=d haben Poncelet und Lesbros in Metz sehr genaue Versuche angestellt aus denselben die nachher folgenden Tabellen berechnet, für deren Verständniß h Folgendes zu bemerken ist. Führt man in der oben für rectanguläre Aus=öffnungen gegebenen Formel $q = {}^2/_3\, b \sqrt{2g}\,(h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$, in welcher b die

*) Ann. de Chim. et de Phys. T. I. p. 202. T. III. p. 78.

Breite der Ausflußöffnung und h_1, h_2 die Wasserstände über der untersten und obersten horizontalen Kante der Oeffnung bezeichnen, die Höhe der Oeffnung $a = h_1 - h_2$ und die mittlere Druckhöhe $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$ ein, so ist nahe genau $q = \left(1 - \frac{a^2}{96\,h^2}\right) ab \sqrt{2gh}$, mithin die wirkliche Ausflußmenge in einer Secunde $q_1 = \mu q = \left(1 - \frac{a^2}{96\,h^2}\right) \mu\, ab \sqrt{2gh}$. Setzt man hier $\left(1 - \frac{a^2}{96\,h^2}\right)\mu = \mu_1$, so erhält man die gewöhnliche Formel zur Berechnung der wirklichen Ausflußmenge für rectanguläre Oeffnungen $q_1 = \mu_1\, ab \sqrt{2gh}$. Die folgenden Tabellen enthalten nun nicht die Werthe von dem wirklichen Ausflußcoefficienten μ, sondern von μ_1. — Unmittelbar vor der Oeffnung steht das Wasser, da es hier in Bewegung ist, tiefer als in größerer Entfernung von der Gefäßwand; deshalb sind zwei Tabellen zusammengestellt worden, die eine für eine in größerer Entfernung von der Oeffnung, die andere für eine unmittelbar vor derselben gemessene Druckhöhe; es ist jedoch immer vorzuziehen, die Druckhöhe in einiger Entfernung von der Gefäßwand zu messen und daher die erste Tabelle anzuwenden.

Ausflußcoefficienten für den Ausfluß des Wassers durch rectanguläre Oeffnungen von 0,2 Meter Breite in einer verticalen dünnen Wand nach Poncelet und Lesbros.

Die Druckhöhen sind an einer Stelle gemessen, wo das Wasser als stillstehend angesehen werden kann.							Die Druckhöhen sind unmittelbar an der Oeffnung gemessen.					
Druckhöhe oder Abstand des Wasserspiegels über der obern Seite d. Oeffnung in Metern	Höhen der Oeffnung in Metern						Höhen der Oeffnung in Metern					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,000	—	—	—	—	—	—	0,619	0,667	0,713	0,766	0,783	0,7
0,005	—	—	—	—	—	0,707	0,597	0,630	0,668	0,725	0,750	0,7
0,010	—	—	0,607	0,630	0,660	0,701	0,595	0,618	0,642	0,687	0,720	0,7
0,015	—	0,593	0,612	0,632	0,660	0,697	0,594	0,615	0,639	0,674	0,707	0,7
0,020	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694	0,594	0,614	0,638	0,668	0,697	0,7
0,030	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688	0,593	0,613	0,637	0,659	0,685	0,7
0,040	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,685	0,593	0,612	0,636	0,654	0,678	0,6
0,050	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679	0,593	0,612	0,636	0,651	0,672	0,6
0,060	0,587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676	0,594	0,613	0,635	0,647	0,668	0,6
0,070	0,588	0,609	0,628	0,639	0,656	0,673	0,594	0,613	0,635	0,645	0,665	0,6
0,080	0,589	0,610	0,629	0,638	0,656	0,670	0,594	0,613	0,635	0,643	0,662	0,6
0,090	0,591	0,610	0,629	0,637	0,655	0,668	0,595	0,614	0,634	0,641	0,659	0,6
0,100	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666	0,595	0,614	0,634	0,640	0,657	0,6
0,120	0,593	0,612	0,630	0,636	0,653	0,663	0,596	0,614	0,633	0,637	0,655	0,6
0,140	0,595	0,613	0,630	0,635	0,651	0,660	0,597	0,614	0,632	0,636	0,653	0,6
0,160	0,596	0,614	0,631	0,634	0,650	0,658	0,597	0,615	0,631	0,635	0,651	0,6
0,180	0,597	0,615	0,630	0,634	0,649	0,657	0,598	0,615	0,631	0,634	0,650	0,6

Druckhöhen über Mitte der Oeffnung in Metern	Die Druckhöhen sind an einer Stelle gemessen, wo das Wasser als stillstehend angesehen werden kann.						Die Druckhöhen sind unmittelbar an der Oeffnung gemessen.					
	Höhen der Oeffnung in Metern						Höhen der Oeffnung in Metern					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,200	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655	0,599	0,615	0,630	0,633	0,649	0,656
0,250	0,599	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653	0,600	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653
0,300	0,600	0,616	0,629	0,632	0,646	0,650	0,601	0,616	0,629	0,632	0,644	0,651
0,400	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,647
0,500	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,645
0,600	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,642	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,643
0,700	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0,800	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637
0,900	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1,000	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
1,100	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629
1,200	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626
1,300	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1,400	0,603	0,612	0,621	0,621	0,622	0,618	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,618
1,500	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
1,600	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613
1,700	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615	0,612	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615	0,612
1,800	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612
1,900	0,601	0,608	0,614	0,613	0,612	0,611	0,601	0,608	0,614	0,613	0,613	0,611
2,000	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611	0,601	0,607	0,614	0,612	0,612	0,611
3,000	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

Fließt das Wasser durch Ueberfälle, so erleidet der Strahl an drei Seiten eine Contraction, wodurch die Ausflußmenge ebenfalls vermindert wird. Für diesen Fall ist daher die Ausflußmenge $q_1 = {}^2/_3 \mu b h \sqrt{2gh}$. Hierbei ist aber die Druckhöhe h oder der Wasserstand über der Ueberfallschwelle wegen der immer stattfindenden beträchtlichen Senkung des Wasserspiegels wenigstens 2 Fuß vor der den Ueberfall enthaltenden Wand zu messen. Die Resultate der Versuche von Poncelet und Lesbros stellt folgende kleine Tabelle dar:

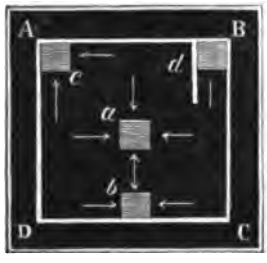
Tabelle der Ausflußcoefficienten für Ueberfälle von 2 Decimeter Breite.

Druckhöhe h in Metern	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,22
Ausflußcoefficient $\mu_1 = {}^2/_3 \mu$	0,424	0,417	0,412	0,407	0,401	0,397	0,395	0,393	0,390	0,385

Hiernach kann man im Durchschnitt $\mu_1 = {}^2/_3 \mu = 0{,}4$ annehmen. Für Ueberfälle von größeren Breiten fanden Eytelwein $\mu_1 = 0{,}42$; Bidone 0,41. Die umfassendsten Versuche haben d'Aubuisson und Castel angestellt. Als Resultat findet d'Aubuisson, daß 1) bei Ueberfällen, deren Breite höchstens den dritten Theil der Breite der Wand oder des Canales beträgt, im Mittel $\mu = 0{,}6$ oder $\mu_1 = 0{,}4$; bei Ueberfällen, welche über die ganze Wand

weggehn, $\mu = 0{,}665$ oder $\mu_1 = 0{,}443$ sei; 3) bei andern Verhältnissen zwischen der Ueberfall- und Wandbreite μ zwischen 0,58 und 0,66 oder μ_1 zwischen 0,39 und 0,44 liege.

Kann das Wasser nicht von allen Seiten, sondern nur von einer oder einigen Seiten her gegen die Oeffnung strömen, so wird der Strahl nur theilweise contrahirt; man hat daher dann eine unvollständige oder partielle Contraction (franz. contraction incomplète). Dieselbe findet dann statt, wenn die Oeffnung in der ebenen Wand durch andere Wände in der Richtung des Strahles ganz oder theilweise eingefaßt ist, z. B. wenn sie sich unmittelbar an der einen Seite oder in einer Ecke des Bodens befindet, ferner wenn eine rectanguläre Seitenöffnung bis zum Boden des Gefäßes reicht, wenn die Schutzöffnung bis zum Boden und bis an die Seitenwände des Gerinnes geht ꝛc. In der nebenstehenden Figur, wo a, b, c, d vier gleichgroße Oeffnungen im Boden AC eines Gefäßes vorstellen, ist die Contraction nur bei a vollständig, dagegen unvollständig bei b, wo das Wasser von drei Seiten, bei c, wo es von zwei Seiten, und bei d, wo es nur von einer Seite zuströmen kann. Die partielle Contraction äußert sich auf doppelte Weise, indem sie dem Strahl eine schiefe Richtung giebt und zugleich einen größern Ausfluß bewirkt; wegen des erstern Umstandes muß man sie in der Regel zu vermeiden suchen. Nach den von Bidone und Weisbach angestellten Versuchen nimmt der Ausflußcoefficient mit dem Verhältnisse des eingefaßten Theils zum ganzen Umfange gleichmäßig zu. Setzt man dieses Verhältniß oder den Quotienten des eingefaßten Theils durch den ganzen Umfang $= n$ und bezeichnet k einen erfahrungsmäßig zu bestimmenden Coefficienten, μ_n den Ausflußcoefficienten der partiellen und μ den der vollständigen Contraction, so kann man $\mu_n = (1 + k n)\,\mu$ setzen. Für kreisförmige Oeffnungen ist nach Bidone $k = 0{,}128$; für rectanguläre nach demselben $= 0{,}152$, nach Weisbach $= 0{,}134$. In der Anwendung kommen fast ausschließlich rectanguläre Oeffnungen vor, für welche man im Mittel $k = 0{,}143$ setzen kann. Ist bei einer solchen Oeffnung die Höhe a, die Breite b und fällt die Contraction an einer Seite b weg, so ist $n = \frac{b}{2(a+b)}$;



ist eine Seite a eingefaßt, so ist $n = \frac{a}{2\,(a + b)}$; ist eine Seite a und zugleich eine Seite b eingefaßt, so ist $n = 1/2$; ist endlich eine Seite b und beide Seiten a eingefaßt, so ist $n = \frac{2\,a + b}{2\,(a+b)}$.

Noch ist von der unvollständigen oder partiellen Contraction die unvollkommene zu unterscheiden. Die bisher angegebenen Verhältnisse und Bestimmungen beziehen sich nur auf den Fall, wo die Mündung oder Oeffnung im Vergleich mit der Wand, in der sie sich befindet, sehr klein ist und das Wasser der erstern nur mit einer kleinen Geschwindigkeit zufließt; in diesem Falle kann die Contraction als vollkommen angesehen werden. Sie ist dagegen unvollkommen (franz. contraction imparfaite, engl. imperfect contraction), wenn der Querschnitt der Mün-

dung nicht viel kleiner ist als der des zuströmenden Wassers, so daß dasselbe mit beträchtlicher Geschwindigkeit an der Mündung ankommt. Je schneller aber das Wasser der Mündung zuströmt, desto geringer ist die Contraction und desto größer die Ausflußmenge. Uebrigens unterscheidet sich der unvollkommen contrahirte Wasserstrahl von dem vollkommen contrahirten nicht nur durch größere Stärke, sondern auch durch geringere Durchsichtigkeit.

Bezeichnet man das Verhältniß zwischen den Flächenräumen der Mündung f und der Wand g, also $\frac{f}{g}$ mit n, den Ausflußcoefficienten bei vollkommener Contraction mit μ_0 und den bei unvollkommener stattfindenden mit μ_n, so kann man nach Weisbach's Untersuchungen setzen 1) für kreisförmige Mündungen $\mu_n = \mu_0 (1 + 0{,}04564\ [14{,}821^n - 1])$ und 2) für rectanguläre $\mu_n = \mu_0 (1 + 0{,}0760\ [9^n - 1])$. Die Correctionen $\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$ sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tab. I. Correctionen der Ausflußcoefficienten für kreisrunde Oeffnungen.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\frac{\mu_n-\mu_0}{\mu_0}$	0,007	0,014	0,023	0,034	0,045	0,059	0,075	0,092	0,112	0,134
n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\frac{\mu_n-\mu_0}{\mu_0}$	0,161	0,189	0,223	0,260	0,303	0,351	0,408	0,471	0,546	0,613

Tab. II. Correctionen der Ausflußcoefficienten für rectanguläre Oeffnungen.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\frac{\mu_n-\mu_0}{\mu_0}$	0,009	0,019	0,030	0,042	0,056	0,071	0,088	0,107	0,128	0,152
n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\frac{\mu_n-\mu_0}{\mu_0}$	0,178	0,208	0,241	0,278	0,319	0,365	0,416	0,473	0,537	0,608

Auch beim Ausflusse durch Ueberfälle kommt die unvollkommene Contraction häufig vor; auch hier läßt sich mit Hülfe des Querschnittsverhältnisses n der entsprechende Ausflußcoefficient berechnen und zwar ist nach Weisbach 1) für Ueberfälle, welche nur einen Theil der Breite des Behälters oder Canales einnehmen, $\mu_n = \mu_0 (1 + 1{,}718\ n^4)$; 2) für Ueberfälle, welche die ganze Breite des Gerinnes einnehmen, $\mu_n = \mu_0 (1{,}041 + 0{,}3693\ n^2)$.

Nach diesen Formeln sind die in nachstehenden Tabellen zusammengestellten Correctionen $\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$ berechnet.

Tab. I. Correctionen für Ueberfälle der ersten Art.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\mu_n - \mu_o$	0,000	0,000	0,001	0,003	0,007	0,014	0,026	0,044	0,070	0,107

Tab. II. Correctionen für Ueberfälle der zweiten Art.

n	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\mu_n - \mu_o$	0,041	0,042	0,045	0,049	0,056	0,064	0,074	0,086	0,100	0,116	0,133

Fließt das Wasser nicht durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand, sondern durch eine kurze Ansatzröhre (franz. tuyau additionel; engl. short pipe) aus, so erleiden die angeführten Gesetze des Ausflusses bedeutende Modificationen, und zwar wird im Allgemeinen die Ausflußmenge vermehrt, die Ausflußgeschwindigkeit aber vermindert, auch die Contraction des Strahles ganz oder zum Theil aufgehoben. Unter kurzen Ansatzröhren werden aber hier solche verstanden, deren Länge den Durchmesser der Oeffnung nur zwei- bis dreimal übertrifft; ist die Röhre länger, so bleibt sie fast ohne alle Einwirkung auf den Ausfluß. Die eigenthümliche Wirkung der Ansatzröhren tritt überhaupt nur dann ein, wenn der Ausfluß ein voller ist oder mit vollem Querschnitt (franz. à gueule-bée) stattfindet. Dies läßt sich, wenn es im Anfange des Ausflusses noch nicht der Fall sein sollte, leicht dadurch erreichen, daß man die äußere Mündung der Röhre auf kurze Zeit durch die Hand oder ein Bret verschließt, bis sich die Ansatzröhre ganz mit Wasser gefüllt hat und die darin befindliche Luft in Blasen entfernt worden ist. Daß auch beim Ausfluß durch Röhren eine Contraction des Wasserstrahles stattfindet, aber nur im Innern der Röhre, läßt sich deutlich wahrnehmen, wenn man sich gläserner Ansatzröhren bedient und dem Wasser eine Färbung giebt; es geht auch außerdem daraus hervor, daß bei einem Ansatzrohre, das die Gestalt des contrahirten Strahles hat, der Ausfluß ebenso stattfindet, als bei einem solchen, das überall gleich weit ist. Haben die Wassertheile die Stelle der größten Contraction passirt und die Röhrenwände benetzt, so bewirkt die Adhäsion des Wassers an die Röhrenwände die vollständige Anfüllung der Röhre, so daß der Querschnitt des Strahles nun vergrößert ist. Die nothwendige Folge davon ist aber eine Verminderung der Geschwindigkeit durch den Druck der Luft, welcher die sonst unvermeidliche Trennung von Wassertheilen und somit die Bildung leerer Räume verhindert.

In Betreff der Gestalt der Röhren, welche nicht ohne wesentlichen Einfluß sind namentlich cylindrische und conische zu unterscheiden. Mit cylindrischen, die am häufigsten vorkommen, sind viele Versuche angestellt worden; im Mittel läßt sich für dieselben der Ausflußcoefficient $\mu = 0{,}815$ setzen, er wächst jedoch mit abnehmender Röhrenweite und Druckhöhe oder Ausflußgeschwindigkeit. Weisbach fand für Röhren, die dreimal so lang als weit waren, und für 1—4 Centim. Weite $\mu = 0{,}843$ bis $0{,}810$. Ebenso fand Buff, daß der Ausflußcoefficient von 0,825 bis 0,855 zunahm, wenn die Druckhöhe von 33 auf $1\frac{1}{2}$ Zoll sank. Sind die Ansatzröhren inwendig theilweise eingefaßt, so steigt zwar der Ausflußcoefficient nicht bedeutend, aber das Wasser fließt an verschiedenen Seiten des Querschnittes mit verschiedenen Geschwindigkeiten aus. Schief angesetzte oder abgeschnittene Ansatzröhren geben eine kleinere Wassermenge als rechtwinklig angesetzte oder abgeschnittene. Mündet dagegen eine kurze cylindrische Ansatzröhre in eine ebe

Wand, deren Inhalt den Querschnitt der Röhre nur wenig übertrifft, so findet eine unvollkommene Contraction statt und die Ausflußgeschwindigkeit, zugleich also auch die Ausflußmenge, wird dadurch vergrößert.

Die conischen Röhren können convergirende oder divergirende sein, d. h. nach außen enger oder weiter werden. Bei den erstern sind die Ausflußcoefficienten größer, bei den letztern aber kleiner, als unter gleichen Verhältnissen bei cylindrischen Röhren. Durch conisch-convergente Röhren wird übrigens nicht nur die Ausflußmenge, sondern auch die Ausflußgeschwindigkeit vermehrt und zwar in einem Grade, der sehr wesentlich von dem Convergenzwinkel, d. i. dem Winkel, den zwei gegenüberliegende Seiten des den Ansatz bildenden abgestumpften Kegels verringert einschließen, in nebenstehender Figur A O B, abhängt. Die genauesten Versuche dieser Art haben d'Aubuisson und Castel, über conisch-divergente Röhren aber Venturi und Eytelwein angestellt. Aus den Versuchen der Erstern ergiebt sich, daß der Ausflußcoefficient bei $13^1/_2{}^0$ Convergenz sein Maximum 0,95 erreicht und von da an wieder abnimmt, daß dagegen der Geschwindigkeitscoefficient mit dem Convergenzwinkel unaufhörlich wächst, aber schon bei 40^0 nur noch wenig von der Einheit verschieden ist, die er jedoch erst bei 180^0 völlig erreicht.

In langen Ansatzröhren wird der Ausfluß desto mehr verzögert, je länger dieselben sind, weshalb anzunehmen ist, daß die Röhrenwände durch Reibung oder Adhäsion des Wassers an denselben die Bewegung des Wassers aufhalten. Dieser Reibungswiderstand ist unabhängig vom Drucke, aber dem Verhältnisse der Länge zur Weite d der Röhre, also dem Quotienten $\frac{l}{d}$ und außerdem dem Quadrate der Geschwindigkeit v des Wassers proportional. Mißt man diesen Widerstand auch die Höhe h_1 einer Wassersäule, die nachher von der ganzen Druckhöhe h abzuziehen ist, um die der wirklichen Geschwindigkeit entsprechende Höhe zu geben, so kann man jene Höhe $h_1 = \frac{r l v^2}{2 d g}$ setzen, wo v eine erst durch Versuche auszumittelnde Größe (den Reibungscoefficienten) bezeichnet. Aus der Wassermenge q und dem Röhrenquerschnitt $f = \frac{d^2 \pi}{4}$ folgt $v = \frac{4q}{d^2 \pi}$, also ist $h_1 = \frac{r}{g}\left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{l q^2}{d^5}$. Der Reibungscoefficient ist übrigens keineswegs ganz constant, sondern bei kleinen Geschwindigkeiten größer als bei großen, und zwar ergiebt er sich nach den Versuchen von Couplet, Bossut, du Buat und Weisbach für 0,1 Meter Geschwindigkeit = 0,0443; für 1 Meter = 0,0239 und für 3 Meter = 0,0186, daher setzen Prony und Eytelwein $h_1 = (av + bv^2)\frac{l}{d}$, wo a und b Erfahrungscoefficienten sind, zu deren Bestimmung sie die von Couplet, Bossut und du Buat angestellten Versuche benutzten. Aus denselben fand Prony $a = 0{,}0000693$, $b = 0{,}0013932$; Eytelwein aber $a = 0{,}0000894$, $b = 0{,}0011213$. Noch genauer schließt sich den Beobachtungen die

von Weisbach aufgefundene Formel an: $h_1 = (a + \frac{b}{\sqrt{v}}) \frac{l v^2}{2 \alpha g}$ (Meter), wo-

nach also $r = a + \frac{b}{\sqrt{v}}$ ist. Für die Hülfsconstanten a und b fand er aus 63

Versuchen $a = 0{,}01439$ und $b = 0{,}0094711$.

Besondere Hindernisse treten bei gebrochenen (knieförmigen oder soge-

nannten gekröpften) und gekrümmten Röhren ein. Bei den erstern findet ein

Verlust von Druck statt, der der Geschwindigkeitshöhe proportional ist und außer-

dem mit dem Bricol- oder halben Ablenkungswinkel δ (in nebenstehender Figur

Winkel ACF = BCE) gleichmäßig zunimmt. Die

durch das Knie verlorene Druckhöhe h_1 läßt sich dann

den Ausdruck $h_1 = \frac{k v^2}{2g}$ angeben, wo k oder der Kniewi-

derstandscoefficient nach Weisbach $= 0{,}9457 \sin \delta^2$

$+ 2{,}047 \sin \delta^4$ gesetzt werden kann. Nach dieser For-

mel ist folgende kleine Tabelle berechnet:

δ	10	20	30	40	45	50	55	60	65	70
k	0,046	0,139	0,364	0,740	0,984	1,260	1,556	1,861	2,158	2,43

Weit geringere Hindernisse als Knieröhren geben gekrümmte Röhren. D

ihnen entsprechenden Widerstandshöhen wachsen gleichfalls wie das Quadrat d

Geschwindigkeit, zugleich aber wie der Ablenkungs- oder Krümmungswinkel β u

lassen sich durch die Formel $h_1 = k \frac{\beta}{180} \cdot \frac{v^2}{2g} = k \frac{\beta}{\pi} \cdot \frac{v^2}{2g}$ ausdrücken (je nac

dem β in Graden oder in Theilen des Halbmessers ausgedrückt ist). Der entsp

chende Widerstandscoefficient k hängt noch von dem Verhältnisse der Röhrenw

zum Krümmungshalbmesser der Röhrenaxe ab und ist um so kleiner, je kleiner d

ses Verhältniß ist. Nach Weisbach's Untersuchungen ist für Röhren mit kre

förmigen Querschnitten $k = 0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{r}{R}\right)^{7/2}$ und für solche mit re

dratischen Querschnitten $k = 0{,}124 + 3{,}104 \left(\frac{r}{R}\right)^{7/2}$, wo r die halbe Röhrenwe

und R den Krümmungshalbmesser bedeutet.

Die Röhrenleitungen münden entweder unter Wasser oder unter freier Lu

das Erstere pflegt dann der Fall zu sein, wenn eine Röhre nach der Ausmündu

hin stark fällt und daher ein Eindringen von Luft stattfinden würde, wenn man ni

jene unter Wasser münden ließe. Mündet eine Röhrenleitung in freier Luft a

und zwar so, daß die Mündung horizontal und aufwärts gerichtet ist, so giebt

einen springenden Wasserstrahl (franz. jet d'eau; engl. jet of wate

Daß derselbe sich niemals bis zum Niveau des Wassers im Zuflußbehälter (Sa

mel- oder Einfallkasten) erhebt, wie der Fall sein müßte, wenn das Wasser kei

Hindernisse zu überwinden hätte, ist schon oben bemerkt worden. Jedenfalls st

steigt er desto höher, je größer die Geschwindigkeit ist, mit welcher das Wasser au

strömt; ist diese = v, so müßte ohne Rücksicht auf den Widerstand der Luft d

Strahl die Höhe $h_1 = \frac{v^2}{2g}$ erreichen, welche man die theoretische Sprunghöhe nennt. Die größte Ausflußgeschwindigkeit erhält man durch Mündungen in einer dünnen Wand, die auch einen völlig durchsichtigen Strahl liefern, während derselbe bei cylindrischen Ansatzröhren ganz trübe, bei conischen Ansatzröhren mehr oder weniger trübe ausfällt; da aber der Wasserstrahl bei Mündungen der ersten Art Knoten und Bäuche bildet und von der äußern Luft leicht zertheilt wird, so giebt man längere, conisch-convergente Ansatzröhren vor und bringt dieselben bei Springbrunnen und Feuerspritzen vorzugsweise zur Anwendung. Je länger aber diese Mundstücke oder Gußröhren sind, desto größer ist der in ihnen hervorgebrachte Druckverlust; ist z. B. die Länge eines Gußrohres 20 Mal so groß als die mittlere Weite desselben, so gehen etwa 32 Procent von der Steighöhe verloren, und meistens sind diese Röhren noch viel länger. — Die wirkliche Sprunghöhe ist stets kleiner als die theoretische. Setzt man letztere = s, so ist erstere nach d'Aubuisson $s_1 = s - 0{,}01\ s^2$ für Metermaß oder $= s\ (1 - 0{,}00314\ s)$ für preuß. Fuß. Demnach geht bei großen Geschwindigkeiten oder theoretischen Steighöhen verhältnißmäßig mehr Höhe verloren als bei kleinen. Uebrigens ergiebt sich aus den Versuchen von Mariotte und Bossut, daß unter gleichen Umständen starke Strahlen höher steigen als schwache. Daß der Widerstand des zurückfallenden Wassers durch eine etwas schiefe Richtung, die man dem Strahl giebt, sehr vermindert werden kann, ist bereits oben bemerkt worden.

Verändert sich der Querschnitt einer Röhre oder eines Ausflußgefäßes, indem er weiter oder enger wird, so ändert sich auch die Ausflußgeschwindigkeit, die immer dem Querschnitte des Wasserstromes umgekehrt proportional ist, also desto kleiner, je weiter das Gefäß, und desto größer, je enger das Gefäß. Sind die Verengungen oder Erweiterungen abgerundet, so haben sie keinen merklichen Einfluß, der jedoch stets eintritt, wenn jener Fall nicht stattfindet. Jede plötzliche Veränderung der Geschwindigkeit ist auch mit einem Verluste an Druckhöhe verbunden; ist der Querschnitt der einen Röhre f, der der andern f_1, so ist der Widerstandscoefficient $= \left(\frac{f}{f_1} - 1\right)^2$. Tritt das Wasser aus einem Gefäße in eine engere Röhre durch eine Scheidewand, deren Oeffnung noch kleiner als der Querschnitt der Röhre ist, so tritt gleichfalls eine plötzliche Veränderung der Geschwindigkeit ein; ist der Inhalt der Röhre f, der Verengung f_1 und α der Contractionscoefficient, so ist der Widerstandscoefficient $= \left(\frac{f}{\alpha f_1} - 1\right)^2$, also ohne Scheidewand $= \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2$. Ist hierbei der Querschnitt des Gefäßes oder des ankommenden Wasserstromes im Vergleich zu dem Querschnitt der Verengung nicht sehr groß, so ist die Contraction nur unvollkommen, also der Widerstandscoefficient kleiner als im angegebenen Falle, und durch Abrundung der Kanten läßt er sich noch mehr vermindern. Um den Ausfluß des Wassers aus Röhren und Gefäßen zu reguliren, wendet man Schieber, Hähne, Klappen und Ventile an, wodurch Verengungen erzeugt werden, über deren Einfluß namentlich Weisbach genaue Versuche angestellt hat.

Die Lehren über den Widerstand des Wassers beim Durchgang desselben durch Verengungen finden ihre Anwendung auch bei dem Ausflusse durch

zusammengesetzte Gefäße. Stehen z. B. drei communicirende Gefäße A, A_1 und A_2 übereinander, getrennt durch Scheidewände mit Oeffnungen, so daß das Wasser aus A in A_1 durch die Mündung F, aus A_1 in A_2 durch die Mündung F_1 und aus A_2 durch die Mündung F_2 fließt, ist h die Tiefe der letztern unter dem Wasserspiegel und sind z, z_1, z_2 die bei F, F_1, F_2 stattfindenden Widerstandscoefficienten, so ist die Ausflußgeschwindigkeit durch f_2: $v = \sqrt{\frac{2gh}{1+z+z_1+z_2}}$. Sind g, g_1, g_2 die Querschnitte der Gefäße, so ist $z = \left(\frac{g_1}{\alpha f} - 1\right)^2$ und $z_1 = \left(\frac{g_2}{\alpha f_1} - 1\right)^2$. Die Druckverluste, welche das Wasser in einer Röhrenleitung durch Verengungen, Reibung ꝛc. erleidet, werden durch Wassersäulen gemessen, welche sich in besondern dazu eingerichteten, senkrecht aufgesetzten Röhren erhalten, die man Piezometer nennt (s. d. Art.).

Bisher haben wir die Druckhöhe als constant angenommen. Sie ist aber veränderlich, wenn das Gefäß, aus welchem das Wasser ausfließt, von oben gar keinen Zufluß erhält oder derselbe größer oder kleiner ist als der Abfluß durch die Mündung. Hierbei ist nun zu untersuchen, wie das Steigen oder Sinken des Wasserspiegels in Hinsicht auf die Zeit von statten geht, z. B. in welcher Zeit ein Gefäß von gegebener Form sich leert, wenn gar kein Zufluß stattfindet. Hierbei kann zunächst eine prismatische Gestalt der Gefäße vorausgesetzt werden, da dieselbe am häufigsten vorzukommen pflegt. Der Ausflußcoefficient ändert sich während des Ausflusses, jedoch nicht bedeutend, man kann daher denjenigen zum Grunde legen, welcher dem arithmetischen Mittel zwischen der größten und kleinsten vorkommenden Druckhöhe entspricht. Ist die Druckhöhe über der Mündung = h und sind a und A die Querschnitte der Mündung und des Gefäßes, so ist die zum Ausleeren des Gefäßes, wenn dasselbe gar keinen Zufluß erhält, erforderliche Zeit $t = \frac{2A\sqrt{h}}{a\sqrt{2g}}$ oder mit Berücksichtigung der Contraction $= \frac{2A\sqrt{h}}{\mu a\sqrt{2g}}$. Die Zeit aber, während welcher die Druckhöhe von h auf h_1 fällt, ist $t_1 = \frac{2A}{\mu a\sqrt{2g}}(\sqrt{h} - \sqrt{h})_1$. Mittelst dieser Formel läßt sich auch die einer gegebenen Zeit t_1 entsprechende Senkung $h - h_1$, sowie die Oeffnung a berechnen, welche nöthig ist, damit das Wasser in einer gegebenen Zeit t_1 um $h - h_1$ sinke. Weit schwieriger ist die Berechnung, wenn das Gefäß von oben Zufluß erhält, und in der Regel muß man sich dann mit genäherten Bestimmungen begnügen. Ist dann die anfängliche Druckhöhe h, die am Ende der Zeit t stattfindende h_1, die in einer Secunde zufließende Wassermenge = m, während A, a ihre Bedeutung behalten, so ist für ein prismatisches Gefäß $t = \frac{2A}{\mu a\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h} - \sqrt{h_1} + \frac{m}{\mu a\sqrt{2g}} \text{ Log. nat. } \frac{\mu a\sqrt{2gh} - m}{\mu a\sqrt{2gh_1} - m}\right)$.

Aus der reichhaltigen Literatur über den Ausfluß des Wassers führen wir hier folgende Schriften als die bedeutendsten an:

Torricelli del moto dei gravi 1644 (enthält das Grundgesetz über den Ausfluß des Wassers aus Gefäßen, nach welchem die Ausflußgeschwindigkeit wie die Quadratwurzel aus der Druckhöhe wächst, und widerlegt die Behauptung des

Benedictiners Caſtelli, aufgeſtellt in der Schrift della misura delle acque correnti, nach welcher die Ausflußgeſchwindigkeit der Druckhöhe ſelbſt proportional ſein ſoll).

Mariotte, traité du mouvement des eaux. 1686. Deutſch von Meinig. Leipz. 1723.

Gulielmini, de mensura aquarum fluentium und de fluviis et castellis aquarum. S. Nuova raccolta d'autori, che trattano del moto dell' acque. Parma 1766.

Traité du mouvement et de la mesure des eaux coulantes et jaillissantes, tiré des ouvrages manuscrits de feu Mr. Varignon par l'abbé Pujol. Paris 1725.

Jac. Hermann, phoronomia. Amſterdam 1716.

Joh. Bernoulli, hydraulica, 1732. — Deſſelben hydrodynamica. Straßburg 1738. (Johann Bernoulli und deſſen Söhne Daniel B. verdanken wir die theoretiſche Begründung des Ausflußgeſetzes.)

d'Alembert, traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. Par. 1744.

Käſtner, Anfangsgründe der Hydrodynamik. Gött. 1797.

du Buat, principes d'Hydraulique. Paris 1786. 2 Bde.

Ch. Bossut, traité théorique et expérimental d'hydrodynamique (deutſch von Langsdorf).

d'Aubuisson de Voisins, traité d'hydraulique. Par. 1834. 2. Ausg. 840.

Neue Architectura hydraulica von Prony, überſ. von Langsdorf. 1795.

Belidor, architecture hydraulique. Nouv. édit. par Navier. Par. 1819.

Michelotti, sperimenti idraulichi; deutſch von Zimmermann mit nm. von Eytelwein, unter dem Titel: Franc. Domin. Michelotti's hyraulíſche Verſuche. Berlin 1808.

Venturi, recherches expérimentales sur le prineipe de la communication térale du mouvement des fluides. Paris 1797. Ueberſ. in Gilbert's Ann. d. yſ. Bd. II. u. III.

Bidone's Abhandlungen in den Memorie della Reale Accademia delle ienze di Torino, T. XXVII. XXVIII. XXXIV. XL.

Expériences hydrauliques sur les lois de l'écoulement de l'eau par Ponelet et Lesbros. Paris 1832.

D'Aubuiſſon's und Caſtel's Verſuche, ſ. Ann. de chim. et de phys. XLIV. LXII. Annales des ponts et chaussées. I. Série. 1. Semestre. 1837. nnales des Mines. III. Sér. T. XIV.

Buff, über das Phänomen der Contraction bei der Bewegung flüſſiger örper durch enge Oeffnungen der Gefäße, ſ. Pogg. Ann. Bd. XLVI.

Ant. Tadini, del movimento e della misura delle acque correnti. Maiand 1816.

Th. Young, hydraulic investigations on the friction and discharge of fluies running in pipes. Phil. Trans. 1808.

Theoretiſch-practiſche Abhandlung über die Leitung des Waſſers in Canälen nd Waſſerleitungen von Prony, a. d. Franz. von Langsdorf. Gießen 1812.

d'Aubuisson de Voisins, traité du mouvement de l'eau dans les tuyaux des conduits. 2. éd. Paris 1836.

Jul. Weisbach, Verſuche über die unvollkommene Contraction des Waſſers beim Ausfluß deſſelben aus Röhren und Gefäßen. Leipzig 1843.

B. Ausfluß der Luft. Die Geſetze des Ausfluſſes der Luft ſind von den für den Ausfluß der tropfbaren Flüſſigkeiten geltenden deshalb weſentlich verſchieden, weil mit dem Ausfluſſe der Luft ſtets eine Ausdehnung derſelben verbunden iſt, die bei dem Waſſer und den tropfbaren Flüſſigkeiten überhaupt ihrer Natur nach nicht eintritt. Bezeichnet man die Spannung der in einem Gefäße eingeſchloſſenen Luft mit p, die der äußern Luft mit p_1, die Geſchwindigkeit der durch eine kleine Oeffnung ausſtrömenden Luft mit v, die Dichtigkeit der innern Luft mit γ, ſo iſt $v^2 = 2g\frac{p}{\gamma}$ log. nat. $\left(\frac{p}{p_1}\right)$. Iſt h der den Ueberſchuß der innern Spannung über die Spannung der äußern Luft meſſende Manometerſtand und b der Barometerſtand der äußern Luft, ſo iſt $p : p_1 = b + h : b$, alſo $v^2 = 2g\frac{p}{\gamma}$ log. nat. $\frac{b+h}{b}$ oder annähernd für kleine Differenzen der innern und äußern Spannung $v^2 = 2g.\frac{p}{\gamma}\frac{h}{b}$. Für $h = 0$ oder $p = p_1$ iſt offenbar auch $v = 0$ und ein Ausfluß iſt dann gar nicht möglich. Iſt t die Temperatur der eingeſchloſſenen Luft, ſo kann man für atmoſphäriſche Luft ſetzen $\frac{p}{\gamma} = 7954{,}2\ (1 + 0{,}00364\ t)$, für Waſſerdampf $\frac{p}{\gamma} = 12776{,}3\ (1 + 0{,}00364\ t)$. Hieraus erhellt, daß die Ausflußgeſchwindigkeit der Quadratwurzel aus der Dichtigkeit der ausſtrömenden Luft umgekehrt proportional iſt und bei unveränderlicher Spannung mit der Temperatur zunimmt. Iſt a der Inhalt der Mündung, ſo iſt die in jeder Secunde ausſtrömende theoretiſche Luft- oder Windmenge von der Spannung der äußern Luft $m = av$, mithin die auf die innere Spannung reducirte Luftmenge $m = \frac{p_1}{p} m_1 = \frac{p_1}{p} av$.

Bisher iſt vorausgeſetzt worden, daß das Gefäß ſehr weit iſt und daher die Luft im Innern deſſelben ohne meßbare Geſchwindigkeit ſich bewegt. Iſt dies nicht der Fall und der Querſchnitt des Gefäßes $= A$, ſo kommt die Luft mit einer Geſchwindigkeit $c = \frac{a p_1}{A p} v$ vor der Mündung an, die nur für ein ſehr großes verſchwindend klein iſt; dann iſt $v^2 = \frac{2g\frac{p}{\gamma}\text{ log. nat. }\frac{p}{p_1}}{1 - \left(\frac{a p_1}{A p}\right)^2}$.

Erhält der Luftbehälter keinen Zufluß, während das Ausſtrömen ununterbrochen fortdauert, ſo nimmt die Dichtigkeit und Spannung, ſomit aber auch die Ausflußgeſchwindigkeit immer mehr ab. Sobald ſich die Mündung in einer dünnen ebenen Wand befindet, ſo wird die theoretiſch beſtimmte Ausflußmenge durch die Contraction des ausſtrömenden Luftſtrahles merklich vermindert und muß dann

um die wirklich ausströmende Luftmenge m_2 zu geben, noch mit einem gewissen Ausflußcoefficienten μ multiplicirt werden. Um diesen zu bestimmen, haben namentlich Schmidt, Koch, Lagerhjelm und d'Aubuisson des Voisins Versuche angestellt. Aus denen von Koch *), welche als die vorzüglichsten im Großen angestellten anzusehen sind, folgt für eine Druckhöhe von 0,15 bis 5,79 Fuß ein Ausflußcoefficient von 0,57 bis 0,605; den größten 0,605 geben sie bei einem Manometerstand von 0,15 bis 0,3 Fuß; den kleinsten bei einer Druckhöhe von $4^1/_2$ bis 6 Fuß; bei großen Druckhöhen scheint demnach eine stärkere, bei kleinen eine schwächere Contraction stattzufinden. Aus Schmidt's nur im Kleinen ausgeführten Versuchen **) folgt ein mittlerer Ausflußcoefficient von 0,53, welcher aber bei größern Druckhöhen etwas größer zu sein scheint als bei kleineren. Größere, aber minder zuverlässige Ausflußcoefficienten findet d'Aubuisson des Voisins; nach diesem beträgt der mittlere 0,64. Nach allen angestellten Versuchen läßt sich mit Weisbach vermuthen, daß der Coefficient nur bei sehr schwacher Pressung oder niedrigem Barometerstande dem Ausflußcoefficienten des Wassers 0,62 gleich kommt, und desto kleiner ausfällt, je größer die Druckhöhe ist; für Manometerstände von $^1/_{200}$ bis $^1/_5$ Atmosphäre läßt sich nach Weisbach's Berechnungen der Koch'schen Versuche im Mittel $\mu = 0{,}58$ setzen.

Wichtiger als der Ausfluß durch Mündungen in der dünnen Wand ist für die practische Anwendung, namentlich in der Metallurgie, der durch kurze conische und cylindrische Ansatzröhren, wobei aber die Versuche von Koch und d'Aubuisson noch mehr von einander abweichen. Nach Schmidt ist der Coefficient für kurze cylindrische Ansatzröhren beinahe 0,7, bei conischen aber größer, und zwar geben letztere eine größere Ausflußmenge, wenn die weite Mündung nach außen gerichtet wird, ganz wie bei dem Ausflusse des Wassers. Die Versuche Koch's geben nach Duff's Berechnung ***) Coefficienten zwischen 0,63 und 0,74 (ersteren für einen Wasserdruck von 6 Fuß, letztern für einen Druck von etwa $^1/_2$ Fuß); nach einer von Weisbach angebrachten Correction aber zwischen 0,71 und 0,76 und im Mittel $\mu = 0{,}74$ für eine Weite, die höchstens 6 mal in der Länge enthalten ist. Hiernach stimmen die Versuche von Schmidt mit denen von Koch sehr befriedigend überein; dagegen giebt aber d'Aubuisson †), der sich wahrscheinlich einer unrichtigen Formel bediente, den Coefficienten für kurze cylindrische Ansatzröhren = 0,92 bis 0,93. Für conisch-convergente Ansatzröhren fand d'Aubuisson Coefficienten zwischen 0,78 und 0,96, Koch aber zwischen 0,77 und 0,88; nach den letztern Versuchen, die jedenfalls größeres Zutrauen verdienen, giebt eine Röhre von 6° Convergenz und einer Länge, die das 10—12fache der Weite ist, den besten Coefficienten 0,85 bis 0,88. Conisch-divergente Röhren geben größere Ausflußcoefficienten, als conisch-convergente, wenn man dieselben auf die engere Einmündung bezieht.

Ueber den Ausfluß der Luft durch lange Röhren oder die Bewegung der Luft in Röhrenleitungen hat Navier ††) die erste gründliche Theorie aufge-

*) Studien des göttingischen Vereins bergmännischer Freunde. Bd. I. (1824.)
**) Gilb. Ann. d. Physik. Bd. VI.
***) Studien des götting. Vereins. Bd. IV. (1837.) — Pogg. Ann. Bd. XXXVII.
†) Pogg. Ann. Bd. XL.
††) Ann. de chim. et de phys. T. XXIV. Annales des mines. 2me Sér. T. VI.

stellt. Durch die Bewegung an der Röhrenwand erleidet die Luft einen Widerstand oder ein Hinderniß, mithin einen Verlust an Druck; dieser Widerstand läßt sich durch die Höhe einer Luftsäule messen, die man $= k \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ setzen kann, wo v die Geschwindigkeit, l die Länge, d die Weite der Röhre und k einen durch Versuche zu bestimmenden Widerstandscoefficienten bezeichnet, dem man nach den angestellten Versuchen den mittleren Werth 0,024 beilegen kann. Ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft an der Ausmündung ankommt, $= v_1$, während v diejenige bezeichnet, mit welcher die Luft in der Röhre fortzufließen anfängt, so ist der in der Röhre erlittene Verlust an Geschwindigkeitshöhe $= \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$; zugleich aber läßt sich, wenn die mittlere Geschwindigkeit der Luft in der Röhre mit u bezeichnet wird, der durch den Röhrenwiderstand herbeigeführte Verlust $= \frac{Alu}{d} + \frac{Blu^2}{d}$ setzen, wo A und B Erfahrungscoefficienten sind, die durch Versuche bestimmt werden müssen. Ungleich einfacher gestaltet sich diese Aufgabe, wenn man A ganz vernachlässigt, also annimmt, daß der Röhrenwiderstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst. Thut man dies, so kann man nach Messung der Ausflußmenge m_1, des Manometerstandes h, ferner der Weite und Länge der Röhre den Widerstandscoefficienten B aus der Formel $B = \left(\frac{\pi}{4m_1}\right)^2 \frac{h d^5}{l}$ berechnen.

Aus den Versuchen, welche Girard und Cagniard de la Tour mit Steinkohlengas und atmosphärischer Luft angestellt haben *), ergeben sich folgende Hauptresultate: 1) das Steinkohlengas und die atmosphärische Luft bewegen sich in Röhrenleitungen vollkommen nach gleichen Gesetzen; 2) der Widerstand wächst gleichmäßig mit dem Quadrate der mittlern Geschwindigkeit und mit der Länge der Röhrenleitung. Der Coefficient B ergab sich im Mittel $= 0{,}00130$, nicht sehr abweichend von dem Coefficienten für die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

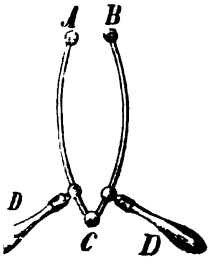
Die wichtigsten Versuche, um die Gesetze der Bewegung der Luft in Röhren zu bestimmen, sind die von d'Aubuisson **) und Buff ***) angestellten. Diese selben beobachteten die Manometerstände H, h am Anfang und Ende der Röhrenleitung und bestimmten daraus allein den Röhrenwiderstand. Hierzu dient folgende Formel, wo d_1 den Durchmesser der Mündung und μ_1 den Ausflußcoefficienten bezeichnet: $B = \frac{1}{2g\mu_1^2}\left(1 - \left[\frac{d_1}{d}\right]^4\right)\left(\frac{H-h}{h}\right)\frac{d^5}{l\,d_1^4}$ oder für enge Röhrenleitungen $B = \frac{1}{2g\mu_1^2}\left(\frac{H-h}{h}\right)\frac{d^5}{l\,d_1^4}$. Nimmt man mit Weisbach $\mu_1 = 0{,}8$ an, so ergiebt sich aus d'Aubuisson's Versuchen für eine $0{,}10^m$ weite Röhre mit $0{,}05^m$ weite Mündung $B = 0{,}001466$; für eine $0{,}03^m$ weite Mündung B =

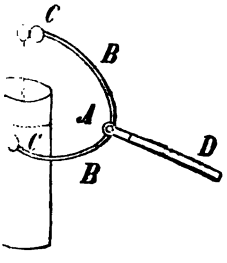
*) Ann. de chim. et de phys. T. XVI. Pogg. Ann. Bd. II.
**) Annales des Mines. 2me Sér. T. III.
***) Studien des götting. Vereins bergmännischer Freunde. Bd. IV.

0,00153; für eine 0,05m weite Röhre und 0,03m weite Mündung B=0,00154; für eine 0,0235m weite Röhre und 0,02m weite Mündung 0,00803. Mit Weglassung des zu sehr abweichenden letzten Werths geben die drei andern das arithmetische Mittel B = 0,00151. M.

Ausladeelektrometer, s. Auslader.

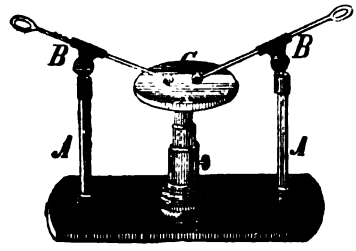
Auslader oder **Entlader** (lat. excitator electricus, franz. excitateur, arc conducteur; engl. discharging rod) ist ein Instrument, dessen man sich bedient, um den elektrischen Funken auszuziehen und geladene elektrische Flaschen und Batterieen zu entladen. Da es hierbei bloß darauf ankommt, zwei Leiter mit einander in leitende Verbindung zu setzen, ohne zugleich selbst einen elektrischen Schlag zu erhalten, so ist ein sehr einfacher Entlader folgender. Zwei gewöhnlich halbmondförmig gekrümmte starke Metalldrähte AC und BC, an einem ihrer Enden mit Knöpfen (A und B) versehen, lassen sich mittelst eines Charniers um einen ihnen gemeinschaftlichen Punkt C drehen; bei D und D haben sie gläserne Handhaben, durch welche der Experimentator isolirt wird. Fände keine Isolirung statt, sondern wollte man etwa die Drähte AC und BC unmittelbar mit der Hand anfassen, so würde man bei Entladung starker Batterieen eine Erschütterung erhalten und zwar eine um so stärkere, je dünner die Drähte des Ausladers wären, indem sie dann der Elektricität keine vollkommene Leitung darzubieten vermöchten. Ein anderer häufig gebrauchter Auslader besteht aus einem gläsernen Handgriffe D und zwei krummen, etwa eine Linie dicken Messingdrähten BB, die sich um das Charnier A, das sich an der messingenen Kappe des gläsernen Handgriffes befindet, bewegen lassen. Die Drähte sind zugespitzt und auf ihren Spitzen stecken die Kugeln CC, die eingeschraubt sind und die man nach Gefallen abschrauben kann. Beim Gebrauche faßt man das Instrument an dem Handgriffe an, giebt den beiden Armen die geeignete Stellung, d. h. diejenige, bei welcher die beiden Kugeln so weit von einander abstehen, daß man mit der einen den positiv-elektrischen Theil des Apparates, mit der andern den negativ-elektrischen erreichen kann, berührt diejenige Seite der geladenen Flasche oder Seite, welche mit dem Erdboden in Verbindung steht und in welcher also keine die elektrische Spannung ist, mit dem einen Knopfe und nähert den andern Knopf derjenigen belegten Seite, von welcher die Ladung ausgegangen ist, oder irgend dem Leiter, der mit derselben in Verbindung steht, worauf dann bei hinlänglicher Annäherung der elektrische Schlag, d. i. das Ueberspringen des Funkens durch die Luft stattfindet und die Flasche entladen wird, ohne daß die Hand den Schlag fühlt. Bei der Entladung einer Batterie pflegt man den Haken an der Seite des Kastens, worin die Flaschen stehen, welcher mit der äußern Belegung verbunden ist, durch einen Draht oder eine Kette mit dem einen Arme des Ausladers zu verbinden, worauf der andere Arm mit seinem Knopfe einem der Stäbe genähert wird, welche



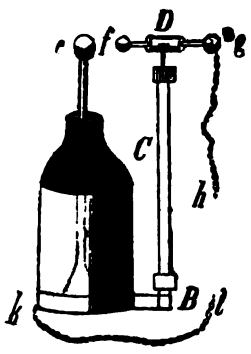


die inneren Seiten der Flasche mit einander verbinden. Zur Entladung seiner Riesenbatterieen bediente sich van Marum eines ähnlichen Ausladers in großem Maßstabe. Will man eine stille Entladung ohne Funken und Schlag, so schraubt man die Kugel von dem einen Arme ab und nähert die frei gewordene Spitze derselben derjenigen Belegung, auf welcher die freie elektrische Spannung ist.

Um einen elektrischen Schlag durch einen bestimmten Körper gehen zu lassen, bedient man sich vortheilhaft des Henley'schen oder allgemeinen Ausladers. Dieser besteht aus zwei gläsernen Säulen AA, welche oben metallene Fassungen mit Kugelcharnieren BB haben. Durch diese gehen metallene, mit Knöpfen (die indeß auch abgeschraubt werden können) versehene, an den Enden zugespitzte Drähte, welche verschiebbar und mittelst der Charniere ihrer Fassungen beweglich sind. Auf der einen Seite können diese Stäbchen Oesen statt der Knöpfe haben, zum bequemern Anhängen der Leitungsdrähte. Zwischen beiden Säulen ist ein Tischchen C mit gläserner Platte angebracht. Auf dieses Tischchen wird der Körper, durch den der elektrische Schlag geleitet werden soll, befestigt, die Metalldrähte so gestellt, daß ihre beiden Enden einander so gegenüberstehen, daß der Funke durch sie in der beliebten Richtung durch den Körper gehe, und nun, während der eine Draht mit der äußeren Belegung einer Flasche oder Batterie (z. B. durch eine Kette) in Verbindung gesetzt ist, wird der andere Draht mit der inneren Belegung mittelst eines gewöhnlichen Ausladers in Verbindung gebracht. Das Tischchen ist so eingerichtet, daß es nach Belieben höher und niedriger gestellt werden kann. Eine Abänderung dieses Ausladers stellt die nebenstehende Zeichnung vor. Hier sind zwei metallene Spitzen senkrecht einander gegenüber gestellt, von denen die eine mit der einen, die andere mit der anderen Belegung einer Flasche oder Batterie in leitende Verbindung gesetzt wird, damit der Schlag zwischen beiden erfolgt und durch den zwischen ihnen auf dem isolirenden Untersatze (einem Stück Glasröhre) liegenden Körper durchgeht. Man bedient sich dieser Vorrichtung namentlich um Glastafeln zu durchbohren, bei denen es nöthig ist, daß der Schlag möglichst auf einem Punkt concentrirt ist. Die Spitzen müssen einander genau gegenüber stehen. Die Glasplatte pflegt man, damit der Versuch besser gelinge, mit einer dünnen Oelschicht zu überziehen.



Mit Lane's Ausladeelektrometer kann man immer gleich starke Ladungen verschaffen. Dieser besteht aus einer Leidner Flasche A, mit welcher eine Glasstange C unten bei B in Verbindung gesetzt ist. Diese hat bei D eine Fassung, durch welche ein Draht fg geht, der an dem einen Ende eine Kugel f, am anderen Ende einen Haken g hat, in dem eine Kette gh hängt. Die Glasstange C muß so hoch sein, daß f dem Knopfe e der Flasche gegenüber zu stehen kommt. Der Draht fg ist in der Fassung D verschiebbar und mit einer Eintheilung bezeichnet, so daß man genau bestimmen kann, um wie viel



man den Knopf f an e genähert habe. Von der äußern Belegung der Flasche geht eine andere Kette k l aus. Werden nun beide Ketten k l und g h mit einander in Verbindung gesetzt, so ist die Elektricität der innern und äußeren Belegung der Flasche nur durch den Raum zwischen den Knöpfen f und e getrennt, und der Funke wird von selbst überspringen, sobald die Flasche die hierzu erforderliche Stärke der Ladung erhalten hat. So lange die Verbindung von g mit der äußeren Belegung der Flasche gleich gut und der Knopf f in derselben Entfernung vom Knopfe e bleibt, wird der elektrische Schlag stets dieselbe Stärke haben. Die Schläge sind desto stärker, je weiter die beiden Knöpfe von einander abste-
n. Man kann die Ketten g h und k l ersparen, wenn der Stab C nicht von
las, sondern, wie die Fassung, welche ihn unten (bei B) mit der äußern Bele-
ng der Flasche verbindet, von Metall ist.

Auslaugen ist eine chemische Operation, welche darin besteht, daß man mit-
st einer Flüssigkeit die in derselben auflöslichen Substanzen in einem Gemenge
chiedener Verbindungen von den unlöslichen trennt; sie ist in dieser Hinsicht
chbedeutend mit dem sogenannten Auswaschen oder Aussüßen, nur daß
n bei der Operation des Auslaugens, die von der Darstellung einer Lauge,
mentlich aus der Pflanzenasche, ihren Namen hat, in der Regel den unlöslichen
ückstand unbenutzt läßt, wie es z. B. bei dem Auslaugen der Asche, der Salpeter-
e, der Alaunerde ꝛc. der Fall ist, während man bei dem Auswaschen, einer in der
mischen Analyse so häufig in Anwendung kommenden Operation, ebenso oft den
ückstand als die Auflösung und in der Regel beide zum Gegenstande fernerer Be-
tung und Untersuchung macht. Man bedient sich zur Ausführung dieser Opera-
men verschiedener Vorrichtungen, die je nach den Umständen sehr verschieden con-
uirt sein können; bei analytischen Untersuchungen pflegt man den gebildeten
iederschlag, um ihn von der Flüssigkeit vollständig abzuscheiden, auf ein Filtrum
bringen und gießt, nachdem die Lösung durch das Filtrum hindurch gegangen
, die Flüssigkeit, die man zum Aussüßen anwendet und die nach der Beschaffen-
it der in Behandlung genommenen Substanzen verschiedener Art sein kann, wie
asser, Alkohol, Aether ꝛc., über den auf dem Filtrum gebliebenen Rückstand und
euert dieselbe, wenn sie abgelaufen ist, so oft, bis man die Trennung der auf-
lichen von den löslichen Verbindungen vollständig bewirkt hat, wovon man sich
B. überzeugen kann, wenn man einige Tropfen der durch das Filtrum gehenden
üssigkeit auf reinem Platinblech langsam verdampfen läßt und nach dem Glühen
ne Spur von feuerbeständigen Substanzen mehr zurückbleibt. E. W.

Auspressen ist eine mechanische Operation, bei welcher die flüssigen Theile
ttelst angewandten Druckes von den festen Theilen gesondert werden; man be-
nt sich dabei theils der Hände, theils der Pressen. E. W.

Australschein, s. Polarlicht.

Austritt und Eintritt eines Gestirns. In dem Augenblicke, wo für einen
wissen Beobachtungsort ein entfernteres Gestirn durch ein näheres bedeckt zu

zu werden anfängt, findet der Eintritt des nähern Gestirns statt, dessen Austritt dagegen in dem Augenblicke, wo das entferntere Gestirn hinter dem nähern wieder hervorzutreten beginnt. Die äußere Berührung der Ränder von Sonne und Mond bedingt bei Sonnenfinsternissen das erste Mal den Eintritt (Anfang), das zweite Mal den Austritt (Ende) der ganzen Sonnenfinsterniß; die innere Berührung der Ränder von Sonne und Mond bedingt bei Sonnenfinsternissen das erste Mal den Eintritt (Anfang), das zweite Mal den Austritt (Ende) der ringförmigen Sonnenfinsterniß. Ganz dieselben Unterscheidungen finden in gleicher Weise bei Bedeckungen (s. d. Art.) der Planeten durch den Mond statt, ebenso auch bei den Durchgängen des Mercurs und der Venus durch die Sonnenscheibe (s. d. Art.). — Bei Mondfinsternissen heißt der Augenblick, in welchem der Mond anfängt, in den Erdschatten einzutreten, der Eintritt, dagegen der Augenblick, in welchem der Mond beginnt, aus dem Erdschatten wieder herauszutreten, der Austritt. In gleichem Sinne spricht man von den Ein- und Austritten der Mondflecken in und aus dem Erdschatten, sowie auch bei den Verfinsterungen der Trabanten Jupiters und Saturns durch die Schatten der beiden letztern.

Austrocknen, s. Trocknen.

Ausweichung, s. Elongation.

Auswittern, Efflorescíren (v. d. lat. efflorescere, hervorblühen) nennt man das Ausschießen von Krystallen aus einem der Luft ausgesetzten flüssigen oder namentlich festen Körper. So wittern aus Schwefelkies Eisenvitriolkrystalle an Mauern und aus dem Boden Salpeterkrystalle, kohlensaures Natron ꝛc. aus.

E. B.

Automat (v. d. griech. αὐτόματος, von selbst handelnd) heißt jede Maschine, welche so eingerichtet ist, daß der Mechanismus, welcher sie bewegt, dem Auge des Beobachters entzogen ist und die Bewegung also aus der eigenen Willensbestimmung der Maschine zu entspringen scheint. Ist die äußere Gestalt der Maschine der eines Menschen ähnlich und ahmen ihre Bewegungen menschliche Verrichtungen nach, so nennt man sie auch einen Androiden (v. d. griech. ἀνήρ, Mann, Mensch, und εἶδος, Gestalt).

In den Schriften des Alterthums wird mehrerer Automaten Erwähnung gethan. Großentheils mochten automatische Maschinen zu Priestertrug benutzt werden. Die ältesten Automaten, deren gedacht wird, sind wohl die Dreifüße, welche Homer*) beschreibt. Diese schuf Hephaistos: „Goldene Räder befestigt er unterlichem unter dem Boden, daß sie aus eigenem Trieb in die Schaar eingingen der Götter, dann zu ihrem Gemach heimkehreten, Wunder dem Anblick.“ Auch Aristoteles erzählt von sich selbst bewegenden Dreifüßen. Von Dädalus wird erzählt, er habe Statuen gefertigt, welche die Bewegungen des menschlichen Körpers nachahmten. In den Schriften des Plato, Aristoteles und Anderer wird von ihnen gesprochen, es heißt, man habe sie binden müssen, damit sie nicht davon liefen. Aristoteles erzählte von einer aus He-

*) Hom. Ilias L. XVIII. v. 375. Vergl. zu dem Folgenden: Aristot. Polit. Lib. cap. 4. — Beckmann's Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Bd. III. S. 325. Poppe's Geschichte der Technologie. Göttingen 1810. 3. Bd. (Gesch. der Uhren). — Ausführlichere Beschreibungen späterer Automaten s. in Prechtl's Encyclopädie s. v. Automat

gefertigten Venus, welche sich durch in ihr Inneres geschüttetes Queckſilber bewegte. Nach durch Aulus Gellius*) mitgetheilten Nachrichten soll Archytas von Tarent, der 400 Jahre vor Chr. Geb. lebte, eine Taube aus Holz verfertigt haben, welche, durch einen in sie eingeschlossenen Hauch beseelt, fliegen, nachdem sie sich aber einmal niedergelassen, ihren Flug nicht wieder beginnen konnte. Pausanias**) erzählt von einem ehernen Adler, der durch inneren Mechanismus bewegt wurde; Polybius ***) von einer kriechenden Schnecke, Athenäus****) von einem Androiden, der verschiedene menschliche Handlungen nachahmte. Aus der Zeit des Mittelalters ist die Wasseruhr zu erwähnen, welche der Kalif Harun al Raschid Karl dem Großen zum Geschenk machte. Auf dem Zifferblatte befanden sich zwölf kleine Fenster, welche der Stundeneintheilung entsprachen. Durch das Oeffnen dieser Fenster wurden die Stunden angezeigt, indem kleine metallene Kugeln herauskamen, welche dadurch, daß sie auf eine messingene Glocke fielen, die Stunden schlugen. Die Thüren blieben bis um 12 Uhr geöffnet, wo 12 kleine Ritter zu Pferde zu gleicher Zeit herauskamen und, nachdem sie um das Zifferblatt Parade herumgeritten, sich alle Fenster schlossen und sie in ihre Behausung zurückkehrten. Roger Baco und Albertus Magnus soll einen Androiden verfertigt haben, der den Anklopfenden die Thür öffnete und sie scheinbar anredete. Thomas von Aquino soll darüber so erschrocken sein, daß er den Kopf des Automaten zerschlug, und Albertus rief klagend aus: die Arbeit von dreißig Jahren ist vernichtet. Johannes Müller, von seiner Vaterstadt Regiomontanus†) (der Königsberger) genannt, soll einen künstlichen Adler verfertigt haben, der dem Kaiser Maximilian bei seinem Einzuge in Nürnberg (den 7. Juni 1470) begrüßte und von dem Uebertriebenes erzählt wird. Hoch in die Lüfte sich erhebend soll er dem Kaiser entgegen geflogen und sodann auf das Stadtthor zurückgekehrt sein, um da aber den nahenden Kaiser durch Ausspreizung der Flügel und Neigung des Körpers begrüßt haben. Derselbe Johannes Müller soll auch eine eiserne Fliege gefertigt haben, die er von seiner Hand hin und her fliegen ließ. Ebenso übertrieben sind die Nachrichten von den Automaten, mit denen Janellus Turrianus ††) von Cremona den Kaiser Karl V., nachdem er sich vom Thron in die Kapelle zurückgezogen, ergötzt haben soll. Es wird erzählt von Kriegern und Pferden, die der Kaiser auf seinem Tische sich bewegen und kämpfen ließ, von Trommelschlägern und Flötenbläsern, von fliegenden hölzernen Sperlingen, von Kornmühlen, die in einem Handschuh Platz hatten und doch in einem Tage so viel Korn mahlten, daß acht Menschen davon leben konnten.

Hans Bullmann †††), ein Kunstschlosser in Nürnberg, verfertigte Figuren, die hin und her gingen und nach dem Takte auf Pauken und Lauten schlugen. Ein sehr niedliches Spielwerk soll Camus zur Unterhaltung Ludwig's XIV. ver-

*) Gell. Noct. att. X. 12.
**) Paus. VI. 20.
***) Pol. Hist. XII. 13.
****) Athen. v. 7.
†) Derselbe hat auch die Bewegung der Planeten durch Räderwerk dargestellt. Vergl. Schedel's Chronik Nürnbergs. Altorf 1790. S. 38. — Diss. de Regiomontani aquila et musca. Ad. Baier. Altorf. 1709.
††) Strada de bello belgico. Mogunt. 1651. p. 8.
†††) Doppelmayr, v. Nürnberg. Künstlern. S. 285.

fertigt haben. Dies bestand aus einer kleinen Kutsche, die von zwei Pferden gezogen wurde; in derselben saß eine Dame, ein Bedienter und ein Page standen hinten auf. Wurde diese Maschine an das eine Ende des Tisches von bestimmter Größe gesetzt, so knallte der Fuhrmann mit der Peitsche und die Pferde fingen sogleich zu laufen an, indem sie ihre Füße auf natürliche Weise bewegten und die Kutsche nach sich zogen. Sowie die Kutsche das entgegengesetzte Ende des Tisches erreichte, wandte sie scharf unter einem rechten Winkel um und fuhr längs dem anliegenden Rande hin. Sowie die Kutsche der Stelle, wo der König saß, gegenüber kam, hielt sie an, der Page stieg herunter und öffnete den Kutschenschlag. Die Dame stieg aus und überreichte mit einer Verbeugung dem Könige eine Inschrift, welche sie demselben hinhielt. Nachdem sie einige Zeit gewartet hatte, verbeugte sie sich wieder und kehrte in den Wagen zurück. Der Page schloß die Thür, stieg wieder hinten auf, der Kutscher peitschte die Pferde und fuhr weiter. Der Bediente, welcher vorher abgestiegen war, lief hinter dem Wagen her und sprang auf seinen vorigen Platz.

Sehr berühmt sind im vorigen Jahrhundert die Automaten von Vaucanson geworden, besonders seine das Leben auf das Täuschendste nachahmende Ente. Vor ihm soll schon der General Degennes einen Pfau verfertigt haben, welcher umherging, fraß und das Verzehrte dann in veränderter Form wieder ausleerte. Die Vaucanson'sche Ente*) glich äußerlich ganz einem lebenden Thiere, indem sie alle Bewegungen und Geberden einer Ente nachahmte, mit Begierde fraß und trank und dabei das Wasser, welches sie trank, vorher mit dem Schnabel trübte, am Natürlichste schnatterte und das Verzehrte scheinbar verdaut auf gewöhnlichem Wege wieder von sich gab. An ihr waren alle Knochen auf das Genaueste einer lebenden Ente nachgebildet. Aeußerlich bestand sie aus bronzirtem Kupferblech. Die Blechstreifen waren so übereinander gelegt, daß die Farben einer natürlichen Ente täuschend nachgebildet waren. Dieses Kunstwerk, sowie Vaucanson's akustische Automaten, von welchen später die Rede sein wird, wurden von Beireis in Helmstädt gekauft, nach dessen Tode sie in den Besitz des Geheimenrathes Hr. v. Harless gekommen sind. Die Vaucanson'schen Automaten wurden später von einem Goldschmied Du Moulin nachgebildet, der mit ihnen herumreiste. Fast noch künstlicher waren die Automaten von den beiden Jacquet Droz**), Vater und Sohn, aus Chaux de Fonds in Neufchatel, besonders eine Schreibmaschine. Diese stellte ein Kind von zwei Jahren vor, welches, auf einem Tabouret sitzend, auf einem Pulte zusammenhängende Worte in französischer Sprache schrieb, dabei die Feder eintauchte, das Ueberflüssige ausschüttete, die Linien gehörig absetzte und nach jedem Worte die Augen auf eine nebenliegende Vorschrift richtete. Collinson hat einen Automaten von Droz beschrieben, welcher zeichnete. Dieser war eine Figur in Lebensgröße, welche in der Hand einen metallenen Griffel hielt und bei Berührung einer Feder sogleich auf ein untergelegtes Pergamentblatt zu zeichnen anfing. Nach vollendeter Zeichnung hielt die Figur ein, bis ein neues Blatt untergelegt war. So fertigte sie nach und nach fünf Zeichnungen. Das erste Blatt enthielt die sehr sauber und ähnlich gezeichneten, einander gegenüberstehenden

*) Montucla, Hist. des mathém. T. III. p. 802. In Leipzig wurde noch vor Kurzem eine derartige Ente gezeigt.

**) Kön. Großbr. gem. Kalender. Lauenburg 1780.

Bildnisse des Königs und der Königin. Maillardet verfertigte einen Automaten, welcher sowohl zeichnete als schrieb. Die Figur eines Knaben kniet auf einem Knie und hält die Feder in der Hand. Fängt sie an zu schreiben, so taucht ein Begleiter die Feder in Tinte und legt das Schreibpapier auf eine messingene Tafel. Bei Berührung einer Feder beginnt das Schreiben und nach Beendigung einer Zeile kehrt die Hand noch einmal zurück und macht die erforderliche Interpunction. Außerdem zeichnet sie drei Landschaften. Ein anderer Automat von Maillardet ist ein Wahrsager, welcher auf vorgelegte Fragen Antworten ertheilt. Eine wie ein Zauberer gekleidete Figur sitzt an dem unteren Theile einer Wand und hält in der einen Hand einen Stab, in der andern ein Buch. Eine Anzahl vorbereiteter Fragen sind auf länglich runde Medaillons geschrieben. Unter diesen trifft der Zuschauer eine Auswahl und legt sie, um die Antwort zu erhalten, in einen dazu bestimmten Schubkasten. Dieser wird durch eine Feder verschlossen, bis die Antwort ertheilt wird. Jetzt erhebt sich der Magus von seinem Sitze, beugt sein Haupt, beschreibt Kreise mit seinem Stabe, fragt das Buch um Rath, wie in tiefe Gedanken versenkt, und nähert es seinem Gesichte. Endlich erhebt er seinen Stab und schlägt damit an die über seinem Haupte befindliche Wand, worauf zwei Flügelthüren aufspringen und eine geeignete Antwort auf die vorgelegte Frage sehen lassen. Die Thüren schließen sich nachher, der Magnus nimmt seine ursprüngliche Stellung an und der Kasten öffnet sich, damit man das Medaillon wieder herausnehmen kann. Derselbe Künstler hat noch mehrere andere Automaten verfertigt, z. B. eine Spinne, einen Seiltänzer, besonders aber eine weibliche Figur, welche stimmte, Kopf und Körper natürlich bewegte und einige Stücke auf einem Fortepiano spielte.

Von allen Automaten hat der Schachspieler des Freih. v. Kempelen *) die meiste Aufsehen gemacht, obgleich derselbe wahrscheinlich nur scheinbar durch Maschinerie, in der That aber durch einen sehr künstlich verborgenen Menschen in Bewegung gesetzt wurde. Kempelen aus Presburg in Ungarn verfertigte denselben im Jahr 1769. Der Schachspieler ist eine Figur von Lebensgröße, in türkischer Kleidung, vor einem Spinde (einer Commode ähnlich) von drei und einem halben Fuß Länge, zwei Fuß Tiefe und zwei und einem halben Fuß Höhe stehend. Die Figur sitzt auf einem an das Behältniß befestigten Stuhle; ihr rechter Arm ruht auf der oberen Platte des Behältnisses und in der linken hält sie eine Tabakspfeife, die während des Spieles hinweggenommen wird, da der Automat mit dieser die Züge macht. Vor der Figur befindet sich ein Schachbret, von zehn Zoll im Quadrat. Einer der Zuschauer spielt gegen den Automaten; dieser beginnt das Spiel; vor jedem Zuge desselben hört man die Thätigkeit des in der Maschine befindlichen Räderwerkes. Die Figur bewegt den Kopf, als ob sie den Theil des Schachbretes überblicke. Schach dem Könige deutet sie durch einmaliges Kopfnicken, Schach der Königin durch zweimaliges an. Macht der Gegner einen falschen Zug, so schüttelt sie den Kopf und setzt den Stein des Spielers auf das Feld zurück, auf dem er gestanden, und zieht nun ihrerseits. Beim Spiele ruht der linke Arm der Figur auf einem Polster, hebt sich nach dem Zuge des Gegners, thut den erforderlichen Zug oder nimmt einen Stein weg,

*) v. Windisch, Briefe über den Schachspieler des H. v. Kempelen. Basel 1723. Repertory of arts and manufactures 1819. Aor. Bibl. Univ. T. XI. p. 63.

indem der Daumen der Hand ſich öffnet und ſchließt, und legt ſich dann wieder auf das Polſter. Wartet der Gegner ſehr lange, ſo klopft die Maſchine mit dem Finger auf das Bret. In der Regel, aber nicht immer, gewinnt die Maſchine das Spiel. Während des Spieles ſteht der Künſtler häufig nahe an der Maſchine und zieht ſie wie ein Uhrwerk nach 12 — 12 gemachten Zügen auf. Ein anderes Mal ging er in eine Ecke des Zimmers, um ſich bei einem kleinen viereckigen Spindchen, welches daſelbſt geöffnet ſtand, gleichſam Rath zu holen. Das Kunſtwerk wurde in allen Hauptſtädten Europa's gezeigt, ohne daß das Geheimniß ſeiner Bewegung entdeckt wurde. Kempelen ſelbſt behauptete nie, daß die Maſchine ſelbſt der eigentliche Spieler ſei, vielmehr erklärte er beſtimmt: „die Maſchine in eine Kleinigkeit, die in Hinſicht des Mechanismus nicht ohne alles Verdienſt wäre, die Wirkungen derſelben erſchienen jedoch darum ſo merkwürdig, weil das Ganze mit Kühnheit aufgefaßt und eine glückliche Wahl, die Täuſchung zu befördern, getroffen worden.“ Man glaubte anfangs, die Maſchine werde mit Hülfe magnetiſcher Kräfte regiert, allein da auch die ſtärkſten Magnete, welche man in die Nähe der Figur brachte, keine Störung verurſachten, ſo mußte man dieſe Anſicht aufgeben; dann aber glaubte man, daß in der Maſchine ein Menſch von gewöhnlicher Größe verborgen werden könne *), der das Spiel leite, obwohl Kempelen den Zuſchauern vor jeder Vorſtellung ſcheinbar den ganzen innern Raum der Maſchine, welcher Räderwerk enthielt, zeigte.

Berühmt ſind noch Automaten, ein Regiment exercirender Soldaten vorſtellend, welche Beckmann in Zarskoje-Selo ſah; ein gehender Löwe und Tiger, welche der Miſſionär Thibaut für den Kaiſer von China verfertigte, u. a. Unter den Schätzen des Tippo Saib fand man einen Tiger, welcher einen europäiſchen Offizier zerfleiſchte, während ein Mechanismus in jenem das Brüllen des Thieres und in dieſem das Winſeln eines Menſchen nachahmte.

Mehrere Automaten ſind akuſtiſche Kunſtwerke. Die ſchon erwähnten Mechaniker Droz verfertigten für den König von Spanien eine Uhr, auf welcher ſich ein Schaf befand, das ſehr natürlich blökte, und ein Hund, der einen Korb mit Früchten bewachte und ſich gegen jeden, der den Korb wegzunehmen verſuchte, mit Knurren und Bellen erhob **). Sehr niedlich war eine zuſammengeſetztere Maſchine des älteren Droz. In einer ländlichen Scene an einem Bache, über welchen eine Brücke nach einer Mühle führt, öffnet ſich die Thüre einer Hütte, und es reitet ein Bauer auf einem Eſel über die Brücke zur Mühle, während ein Hund hinter dem Eſel herläuft und dieſen anbellt. Im Mittelpunkte der Scene weidet eine Heerde, deren Hirt aus einer Grotte kommt, ſich umſieht, eine Flöte hervorzieht und einige Stücke bläſt, deren letzte Töne ein Echo wiederhallt. Dann nähert er ſich ſeiner in der Entfernung ſchlafenden Schäferin und bläſt wieder ein Stück, wodurch ſie erwacht, ſich aufrichtet und den Spieler mit der Zitter begleitet. Indeß zwiſchen treibt der Bauer ſeinen mit Mehl beladenen Eſel aus der Mühle und vor ſich her, weswegen die Liebenden im Stücke plötzlich abbrechen und der Schäfer in ſeine Grotte zurückkehrt ***). Einander ſehr ähnlich ſind zwei Kunſtwerke, die

*) Poſſelt's wiſſenſchaftl. Magaz. 1785. Bd. I. S. 72.
**) Hutton Diction. T. I. p. 194.
***) S. Allgem. muſikal. Zeit. 1799. Nr. 3.

eine von Droz dem Jüngern, das andere von Maillardet*). Das des letztern war eine ovale Büchse, ungefähr drei Zoll lang. Diese wurde auf den Tisch gestellt; sogleich öffnete sich der Deckel und ein Vogel von der Größe eines Kolibri vom schönsten Gefieder sprang vom Neste auf. Nachdem er mit den Flügeln geschlagen, öffnete er den Schnabel und sang vier Stücke mit reizendem Tone. Er hüpfte hierauf auf das Nest zurück und der Deckel schloß sich. Die bewegende Kraft in diesem mechanischen Kunststücke soll in Federn bestanden haben, deren Wirkung nur vier Minuten dauerte. Da es bei einer so kleinen Figur an Raum fehlte, um Pfeifen für die Mannigfaltigkeit von Tönen anzubringen, so bediente sich der Künstler nur einer Röhre und erzeugte die Mannigfaltigkeit der Töne dadurch, daß sie vermittelst eines beweglichen Stempels sich verlängerte und verkürzte. — Sehr berühmt sind die Vaucanson'schen akustischen Automaten. Der eine, ein Flötenspieler, wurde im Jahr 1736 vollendet. Den innern Mechanismus dieses Werkes machte Vaucanson 1738 in einer Abhandlung bekannt. Nach dieser beschreibt sie Brewster**) wie folgt: „Der Körper des Flötenspielers war ungefähr $5^1/_2$ Fuß hoch und stand auf einem Felsstück, das ein viereckiges Fußgestell von $4^1/_2$ Fuß Höhe und $3^1/_2$ Fuß Breite umgab. Wurde die vordere Seite des Fußgestelles geöffnet, so erblickte man rechter Hand ein Uhrwerk, das vermittelst mehrerer Räder eine stählerne Axe von etwa $2^1/_2$ Fuß Länge in Bewegung setzte. Diese hatte in sechs gleich entfernten Punkten ihrer Länge Kurbeln, welche nach verschiedenen Richtungen lagen. An jeder Kurbel war eine Schnur befestigt, die herablief und mit dem anderen Ende an dem oberen Theil eines Blasebalges von $2^1/_2$ Fuß Länge und 6 Zoll Weite befestigt war. Sechs auf dem Boden des Fußgestelles befindliche Blasebälge wurden in Thätigkeit gesetzt, wenn die Stahlaxe umgedreht wurde. An der oberen Fläche des Fußgestelles und über dem Blasebalge befand sich eine doppelte Rolle, von welcher der eine Rand 3 Zoll, der andere $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser hat. Die Schnur, welche von der Kurbel kommt, windet sich um die kleinste dieser Rollen und der an der Decke des Blasebalges angebrachte Theil derselben wird um die größere Rolle geführt. Durch diese Vorrichtung wurden die Flächen der Blasebälge weiter von einander entfernt, als wenn die Schnur unmittelbar von den Kurbeln zu ihnen gelangte. Rund um den breiteren Rand von drei dieser Rollen, nämlich von denen, welche sich rechter Hand befanden, liefen drei Schnüre, die vermittelst mehrerer kleinen Rollen zu der oberen Fläche von drei anderen Blasebälgen, die in dem oberen Theile des Kastens endlich sind, führten. Die Spannung jeder Schnur, wenn sie beginnt, die obere Fläche des Blasebalges, an der sie befestigt ist, zu heben, setzt einen Hebel in Bewegung, der sich über demselben zwischen der Axe und der doppelten Rolle, ungefähr zwischen der Mitte und dem unteren Theile des Kastens liegt, befindet. Das untere Ende des Hebels hält die Klappe in der unteren Fläche des Blasebalges geöffnet und gestattet der Luft freien Zutritt, während die obere Fläche steigt, um die Capacität des Blasebalges zu vermehren. Durch diese Vorrichtung wird nicht allein an Kraft gewonnen, sondern auch das verwirrende Geräusch, welches durch die Wirkung der Luft auf die Klappen hervorgebracht wird, gänzlich vermieden,

*) Es scheint der Beschreibung nach, als sei das von Maillardet vorgezeigte das von Droz verfertigte gewesen.

**) Briefe über die natürliche Magie, übersetzt von Wolf. Berlin 1833.

und die neun Blasebälge arbeiten mit der größten Leichtigkeit, ohne Erschütterung und Geräusch. Aus letztern strömt die Luft in drei verschiedene gesonderte Röhren. Jede Röhre nimmt die Luft dreier Blasebälge auf. Die obere Fläche eines der drei Blasebälge (in jeder Abtheilung) ist mit vier Pfunden, die des zweiten mit zwei Pfunden und die des dritten mit gar keinem Gewichte belastet. Diese drei Röhren steigen in den Körper der Figur und endigen in drei kleine Behältnisse, welche in dem Rumpfe der Figur befindlich sind. Diese in eins vereinigten Behältnisse, in die Kehle aufsteigend, bilden durch ihre Erweiterung die Mundhöhle, die sich in zwei kleine Lippen endigt, welche auf dem Mundloche der Flöte ruhen. Die Lippen besitzen das Vermögen, sich mehr oder weniger zu öffnen, und ein eigenthümlicher Mechanismus bewirkt ihre Annäherung zu, ihre Entfernung von dem Mundloche der Flöte. In der Mundhöhle ist eine kleine bewegliche Zunge befindlich, um den Durchgang der Luft durch die Lippen der Figur zu öffnen oder zu schließen. Die Bewegungen der Finger, Lippen und Zunge der Figur werden durch einen sich um seine Axe bewegenden Cylinder von dreißig Zoll Länge und einundzwanzig Zoll Durchmesser bewirkt. Vermittelst Wirbel und messingener Haken, die an funfzehn verschiedenen Abtheilungen seines Umfanges befestigt sind, werden funfzehn verschiedene Hebel, ähnlich denen in einer Handorgel, gehoben und heruntergedrückt. Sieben derselben reguliren die Bewegung der sieben Finger, um die Löcher zu schließen. Dies erfolgt mit Hülfe stählerner Ketten, welche durch den Körper hindurchgehen und durch Rollen nach den Schultern, Ellenbogen und Fingern hingeleitet werden. Drei andere Hebel, mit den Klappen der drei Behälter in Verbindung stehend, reguliren den Eintritt der Luft, so daß ein stärkerer oder schwächerer Ton erzeugt wird. Ein Hebel öffnet die Lippen, um der Luft einen freien Durchgang zu gestatten, und ein anderer zieht sie zusammen, um die entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen. Ein dritter Hebel zieht sie vom Mundloche der Flöte zurück und ein vierter bringt sie vorwärts. Der noch übrige Hebel bewirkt das Verstopfen des Mundloches durch die Zunge *).

Vaucanson's zweiter akustischer Automat war ein Pfeifer und Tambourinspieler, der vollständige Arien ausführte und die vorzüglichsten Pfeifer und Tambourinspieler übertraf. Die Figur steht auf einem Fußgestell, ist wie ein tanzender Schäfer gekleidet, hält in der einen Hand ein Flageolet, in der andern den Schlägel, mit dem sie das Tambourin schlägt, und begleitet mit letzterm die Arien des Flageolets, von denen sie ungefähr zwanzig vortragen kann. Das Flageolet hat nur drei Löcher und die Verschiedenheit der Töne hängt vorzüglich von einer geschickten Abänderung der Gewalt des Windes und von den verschiedenen Graden der Schließung der Löcher ab. Diese Abänderungen in der Gewalt des erforderlichen Windes mußten mit einer Geschwindigkeit sich folgen, die das Ohr kaum zu fassen vermochte, sowie die Articulation der Zunge für die schnellsten Noten, ohne welche die Leistungen ganz der Anmuth entbehrt hätten. Da die menschliche Zunge einer schnellen Folge von Noten die erforderlichen Articulationen nicht zu geben vermag und gewöhnlich über die Hälfte derselben hinweg zueilen pflegt, so vermochte der Automat in dieser Hinsicht die besten Spieler zu übertreffen, indem er vollständige Arien mit den für jede Note erforderlichen Articulationen der Zunge spielte. In späterer Zeit hat Kaufmann aus Dresden

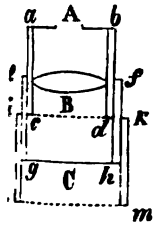
*) Le Mécanisme du Fluteur automate. Par. 1738.

Automaten verfertigt, z. B. einen Trompeter. Dieser ist eine menschliche Figur in Lebensgröße, welche in der rechten Hand eine Trompete hält. Vermittelst des beweglichen Armes wird die Trompete auf das im Munde festzusteckende Mundstück geschoben. Im Kopfe sind verschiedene längere und kürzere Röhren von Messing für die tieferen und höheren Töne, durch sehr fest schließende Klappen verschlossen und sämmtlich in diejenige endend, welche im Munde befindlich den Anfang der Trompete bildet. In der Brust befindet sich ein Blasebalg, welcher durch eine ausnehmend starke Feder die Luft ungewöhnlich comprimirt, so daß diese, wenn sie beim Oeffnen der Klappen in die Röhren dringt, einen vollständigen Trompetenton erzeugt, indem der Wechsel der ungleichen Röhren ein vollständiges Stück zu spielen verstattet.

Man hat auch Automaten herzustellen gesucht, welche die menschliche Stimme nachahmten, s. über dieselben den Art. Sprechmaschine.

Man interessirt sich jetzt im Allgemeinen wenig mehr für Automaten, weil die mit den Naturwissenschaften verbundene Kunst in der Regel mehr zum Nützlichen verwendet wird. Die in neueren Zeiten erfundenen Maschinen übertreffen übrigens alle Automaten durch Mechanismus und Brauchbarkeit, wie z. B. Rechenmaschine, Stickmaschine, Spinnmaschine ꝛc.

Auxometer oder Auzometer (v. d. griech. αὔξειν mehren und μέτρον Maß), Dynamometer (v. d. griech. δύναμις Kraft, Vermögen) hat man Instrumente genannt, welche bestimmt sind, die Vergrößerung zu messen, welche bei einem Fernrohre stattfindet. Ein solches von Adams *) angegebenes Instrument besteht aus drei in einander geschobenen Röhren abcd, efgh und iklm, welche ungefähr $1^1/_4$ Zoll lang sind und von denen die weiteste iklm einen Durchmesser von 11 Linien hat. In der innersten Röhre abcd befindet sich oben ein Deckel mit einer kreisförmigen Oeffnung A, an welcher das Auge angebracht wird, und eine solche B. Die zweite Röhre efgh ist unten bei C mit einer dünnen durchsichtigen Hornscheibe bedeckt, auf welcher Parallelstriche gezogen sind, die $\frac{1}{100}$ Zoll von einander abstehen. Zum Gebrauch verschiebt man die innerste Röhre abcd so lange in der mittleren efgh, bis man durch A und B die feinen Striche auf C vollkommen deutlich sieht, wenn man die Oeffnung lm gegen den Himmel richtet. Nachdem man das zu prüfende Fernrohr auf einen Gegenstand gerichtet und so eingestellt hat, daß man ein deutliches Bild desselben erhält, bringt man das Auxometer vor das Ocular des Fernrohres und verschiebt nun das mittlere mit dem innersten Rohre so lange in dem äußersten iklm, bis man durch C das von der Hornscheibe aufgefangene Bild deutlich sieht. Da man zugleich die auf der Hornscheibe gezogenen Parallellinien sieht, so läßt sich bestimmen, wie viele derselben durch das Bild bedeckt werden. Gesetzt man fände die Zahl m, und ebenso hätte man durch directe Messung gefunden, daß der Durchmesser des Objectivglases des zu untersuchenden Fernrohres n Hundertel Zoll betrüge, so würde $\frac{n}{m}$ die Zahl sein, welche angäbe, wie viele Mal das Fernrohr die durch dasselbe betrachteten Ge-



*) Rozier, Journal de Physique. 1783. Janv. p. 65.

genſtände (ihre ſcheinbare Größe) vergrößere. Man kann dieſes Inſtrument beim Galilei'ſchen Fernrohre nicht anbringen, weil dieſes eine concave Linſe hat, alſo kein eigentliches Bild giebt, das auf der Hornſcheibe aufgefangen werden könnte.

Ramsden *) hat ein ähnliches Inſtrument angegeben, bei welchem jedoch die Größe des Bildes nicht mit einer eingetheilten durchſichtigen Scheibe gemeſſen wird, ſondern mit Hülfe einer in zwei Hälften zerſchnittenen Linſe. Dieſe giebt dann zwei Bilder und mit Hülfe einer Schraube wird die eine Hälfte ſo gegen die andere geſtellt, daß die beiden Bilder ſich berühren. Indem man ſodann mittelſt einer Mikrometerſchraube den Abſtand beider Linſen von einander beſtimmt, bei man den geſuchten Durchmeſſer des Bildes, mit welchem man in den Durchmeſſer des Objectivs dividirt, um die Vergrößerungszahl zu erhalten. — Unter dem Namen von Ramsden's Dynamometer beſchreibt Littrow **) ein Inſtrument, welches ganz mit dem von Adams übereinſtimmt, nur daß die Hornſcheibe durch eine eingetheilte Glasſcheibe erſetzt iſt. — Ueber andere Mittel zur Beſtimmung der Vergrößerung bei Fernröhren ſ. d. Art. Ferntohr.

Axe (lat. axis; franz. axe; engl. axis) nennt man in der Geometrie eine gerade Linie, welche ſo geſtellt iſt, daß ſich um ſie herum alle Punkte einer krummen Linie oder einer Körperoberfläche in regelmäßiger Weiſe gruppiren. So ſpricht man von Axen der Kegelſchnitte und des Cylinders, des Kegels und der Kugel. Wenn man einen Kegel oder einen Cylinder parallel mit der (kreisförmigen) Grundfläche durchſchneidet, ſo ſind alle auf dieſe Weiſe möglichen Durchſchnitte Kreiſe, deren Mittelpunkte in der Axe liegen. Bei der Kugel iſt jeder durch ihren Mittelpunkt gehende Schnitt ein Kreis, und die Axe jedes ſolchen Kreiſes iſt die gerade Linie, welche ſenkrecht auf der Ebene eines ſolchen Schnittes ſteht und durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Ihre beiden Endpunkte in der Oberfläche der Kugel heißen die Pole des betreffenden Kreiſes.

In der Mechanik nennt man diejenige Linie eines Körpers ſeine Axe, um welche ſich der Körper ſelbſt herumbewegt, und zwar ſo, daß bei dieſer Bewegung — Axendrehung — jeder Punkt des Körpers um einen Punkt in der Axe einen Kreis beſchreibt. Bei dieſer Bewegung kann die Axe des Körpers ſelbſt entweder ruhen oder ebenfalls in Bewegung ſein. Im Verhältniß zu dem um ſie bewegten Körper iſt die Axe ſtets in Ruhe, denn eine Bewegung der Axe im Körper heißt nichts anderes, als der Körper bewegt ſich um eine andere Axe als vorher. Wenn alſo ein Körper um eine Axe bewegt, ſo bekommen alle Theile des Körpers, welche außerhalb der Axe liegen, ein Beſtreben, ſich in einer auf ihr ſenkrechten Richtung von ihr zu entfernen; ſ. den Art. Bewegung. Wenn die Theile eines drehenden Körpers verſchiebbar ſind, ſo wird jedes durch die Drehung entſtandene Beſtreben eine Veränderung der Geſtalt des Körpers bewirken, ſind ſie hingegen unverſchiebbar, ſo wird die Wirkung jenes Beſtrebens gegen die Axe ſich äußern. Iſt aber die Maſſe des Körpers um die Axe nach allen Seiten zu gleichförmig vertheilt, ſo heben die Schwungkräfte der Theile des Körpers, von denen ein jedes einem ihm gegenüberſtehenden entſpricht, einander auf, alſo auch die Wirkung

*) Brewster, Edinb. philos. Journ. No. XV. p. 183.
**) Gehler N. A. Bd. IX. S. 1779.

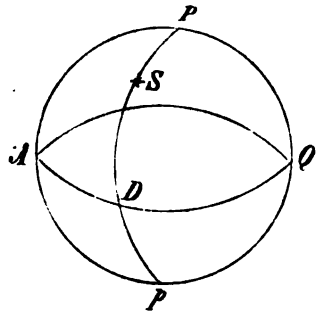
auf die Axe. Eine ſolche Axe heißt eine freie Axe, und eine ſolche iſt auch die Axe der Erde. (Man ſehe die Art. Erde und Planeten.) So lange die Axendrehung eines Körpers fortdauert, kann die freie Axe deſſelben nur durch eine bedeutende Kraft verrückt werden, wenn auch im Zuſtande der Ruhe dieſelbe durch die kleinſte Kraft aus ihrer Lage gebracht werden kann, indem die Schwungkraft jedes Theilchen in der Ebene zu erhalten ſucht, in der es ſich zu bewegen begann. Bohnenberger hat ein Inſtrument angegeben, durch welches dieſes dargethan wird. Der Ring AB iſt in A auf einem Poſtament B befeſtigt.

In ihm iſt ein um die Axe AB beweglicher Ring AEBF und in dieſem ein dritter um die auf AB ſenkrechte Axe EF beweglicher Ring ECFD; in dieſem Ringe befindet ſich eine Kugel, welche um die auf der Axe EF ſenkrecht ſtehende Axe CD beweglich iſt. Die maſſive Kugel K kann nun mittelſt einer um eine an ihrer Axe CD befindliche Rolle gewickelte Schnur durch ſchnelles Abziehen der Schnur in eine ſchnelle drehende Bewegung geſetzt werden. Während, ſo lange die Kugel K in Ruhe war, ihre Axe durch die geringſte Kraft bewegt wurde, kann man nun, wenn die Kugel ſich bewegt, das ganze Inſtrument herumtragen, ja ſogar kleine Gewichte auf den Kreis CDEF fallen laſſen, ohne daß dadurch die Richtung der Axe der Kugel verändert würde. Wenn man an dem unteren Theile des äußeren Ringes ein kleines Gewicht anbringt, ſo zieht dieſes, ſo lange keine Drehung ſtattfindet, die Axe der Kugel in die verticale Richtung, neigt man aber den innern Kreis gegen den Horizont und bringt mittelſt der Schnur die Kugel in drehende Bewegung um ihre Axe, ſo nimmt die Axe nicht, wie man dem Einfluß des Gewichtes gemäß vermuthen ſollte, ſogleich die verticale Richtung an, ſondern bewegt ſich nach einer Richtung, welche der Richtung der Axendrehung der Kugel entgegengeſetzt iſt, und zwar mit deſto größerer Geſchwindigkeit, je langſamer die Axendrehung der Kugel wird *). — Bei der Erde (ſ. d. Art.) ſpricht man von der geographiſchen Axe, welche die die beiden geographiſchen Erdpole verbindende gerade Linie iſt, durch den Mittelpunkt der Erde geht und um welche die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt. Die magnetiſche Axe der Erde iſt die gerade Linie, welche die beiden Magnetpole der Erde verbindet (ſ. d. Art. Magnetismus der Erde). Oscillationsaxe (Schwingungsaxe) nennt man die horizontale Gerade, um die ein Pendel hin- und herſchwingt. Axe einer Wage iſt die durch die Schneide der Wagebalkenzapfen gehende gerade Linie, in der ſich das Hypomochlium der Wage befindet und um welche der Wagebalken ſich bewegt. Magnetaxe iſt die beide Pole eines Magnetes verbindende gerade Linie. Ferner heißt die Axe eines Schiffes jede der nach der Länge und Breite eines Schiffes horizontal durch deſſen Mittelpunkt gezogenen Geraden. Axe einer Säule heißt die Linie, die mit ihren Endpunkten auf die Centra der untern und obern geebneten Kopf- oder Kreisflächen der Säule auftreffen muß. Man bedient ſich des Ausdruckes Axe noch bei vielen anderen Inſtrumenten, Maſchinen und Apparaten, ſ. die dieſelben betreffenden Artikel.

Axendrehung, ſ. Axe.

*) Gilb. Ann. Bd. LX. S. 60.

Azimuth (a. d. Arabiſchen, vermuthlich ſo viel als Himmelsgegend) eines Sterns iſt der Bogen AD des Horizonts ADQ, welcher zwiſchen dem Meridiane APQpA des Beobachtungsortes und dem Scheitel- oder Höhenkreiſe PSDp eines Sterns S liegt, und dieſer Bogen AD mißt den ſphäriſchen Winkel APD. Das Azimuth iſt öſtlich oder weſtlich, je nachdem der Stern öſtlich vom Meridiane ſteht, dagegen gleich Null oder 180°, wenn der Stern reſp. im ſüdlichen oder im nördlichen Meridiane ſteht. Sei nun φ die Polhöhe des Beobachtungsortes, σ der Stundenwinkel eines Sterns, h ſeine Höhe, δ ſeine Declination und a ſein Azimuth, ſo hat man entweder



$$\cot a = \frac{\sin\varphi\cos\sigma - \operatorname{tang}\delta\cos\varphi}{\sin\sigma}$$

$$\text{oder } \cos a = \frac{\sin\varphi\sin h - \sin\delta}{\cos\varphi\cos h}.$$

Es ergiebt ſich aus dieſen Formeln ſowohl als auch aus der Betrachtung der obigen Figur, daß für einen beſtimmten Zeitpunkt durch die Höhe und das Azimuth eines Geſtirns deſſen Ort an der Himmelskugel vollkommen beſtimmt wird.

J.

Barometer, (von dem griech. *βάρος* Schwere und *μέτρον* Maß, alſo Schweremeſſer, Luftſchweremeſſer, Luftwage, Wetterglas, Torricelli'ſche Röhre, Baroſkop (von dem griech. *βάρος* und *σκοπεῖν* beſichtigen — lat. barometrum, baroscopium, tubus Torricellianus; franz. baromètre, baroscope; engl. barometer) iſt ein Inſtrument, um die Größe des Drucks der atmoſphäriſchen Luft zu meſſen, welches von Evangeliſta Torricelli im Jahr 1643 erfunden ward. Die Geſchichte der Erfindung, ſowie die Darlegung der Eigenſchaft der Atmoſphäre, auf welcher daſſelbe beruht, ſ. im Art. Atmoſphäre S. 465. Daraus geht zugleich hervor, daß man ſich zu Verfertigung von Barometern nicht allein des Queckſilbers, ſondern auch jeder andern Flüſſigkeit bedienen kann. Man hat auch in der That Waſſerbarometer aus metallenen, vermittelſt Leder zuſammengeſchrobenen, oben in eine Glasröhre endigenden blechernen Röhren beſtehend verfertigt. Ein ſolches Waſſerbarometer zeigte im Jahr 1654 Otto von Guericke auf dem Reichstage in Regensburg vor *). Caspar Bertus **) hatte ein ähnliches und brachte, um zu beweiſen, daß in ihm über der Waſſerſäule kein luftleerer Raum ſei, in dem oberſten Theile der Röhre ein Glöckchen mit einem durch einen Magnet beweglichen Hammer an. Das Tönen dieſes Glöckchens ſollte beweiſen, daß der Raum über dem Niveau deshalb nicht luftleer ſein könne, weil ſich der Schall durch einen luftleeren Raum

*) Schott, Technica curiosa cet. Norimb. 1664. 4. p. 25, 34.
**) Schott, Mechanica hydr. pneumatica. Herbip. 1657. p. 306.

nicht fortzupflanzen vermag. Aber in dieſem keine Genauigkeit zulaſſenden Barometer ſammelt ſich über dem Waſſer Dunſt und Luft aus dem Waſſer, welche zwar dünner als die äußere Luft iſt, aber den Schall ſehr wohl zu leiten vermag. Gehler *) erzählt von ähnlichen Verſuchen, die in Leipzig angeſtellt wurden.

Neuerdings hat Daniell **) ein verbeſſertes Waſſerbarometer hergeſtellt. Von zwei 40 Fuß langen cylindriſchen Glasröhren wurde eine, deren Durchmeſſer von 1 Zoll bis 0″,8 abnahm, nachdem 3 Fuß abgeſchnitten worden, in einen kupfernen Dampfkeſſel, welcher das Gefäß des Barometers werden ſollte, luft- und dampfdicht eingeſetzt. Außer dem cylindriſchen Deckel war der Keſſel 18 Zoll lang, 11 Zoll breit und 10 Zoll hoch. Durch das obere offene Ende der Röhre wurde ein Thermometer mit einer Platinſcale eingelaſſen, welches gegen die Innenwand der Röhre federte. Das obere Ende der Röhre wurde dann in eine 6 Zoll lange und $^1/_4$ Zoll weite Röhre zuſammengezogen und oben durch einen daran befeſtigten Hahn verſchloſſen. Nachdem das Waſſer im Dampfkeſſel eine Zeitlang im Kochen erhalten worden, wurde der Hahn deſſelben geſchloſſen, ſo daß durch den Druck der Dämpfe das Waſſer allmälig in der Röhre in die Höhe gehoben wurde und zuletzt in einem unterbrochenen Strahl von 110° F. Temperatur aus der Oeffnung des obern Hahns herausſpritzte. Nachdem dieſer verſchloſſen und der Hahn des Keſſels wieder geöffnet worden, fiel das Waſſer ohne Luftentwickelung, und nun wurde die enge Röhre, an welcher der Hahn befindlich war, unter demſelben geſchloſſen. Da ſie dabei einen Riß erhielt, ſo wurde ſpäter der obere Hahn weggelaſſen und beim Schließen die Oeffnung mit dem Finger zugehalten. Das noch erwärmte Waſſer des Gefäßes wurde dann, um eine Luftabſorption zu verhindern, mit einer $^1/_2$ Zoll hohen Schicht von Ricinusöl bedeckt. Das Reſultat der längere Zeit mit dem Inſtrument angeſtellten Beobachtungen war aber, daß dennoch Luft von dem Waſſer abſorbirt worden war. Daniell glaubt, daß eine 4 bis 5 Zoll dicke Oelſchicht dies verhindern würde.

Weil das Queckſilber die ſchwerſte unter allen bekannten Flüſſigkeiten iſt und alſo von ihm eine geringere Menge, als von andern Flüſſigkeiten, hinreicht, der Atmoſphäre das Gleichgewicht zu halten, bedient man ſich deſſelben allgemein zur Verfertigung der Barometer. Während ein Queckſilberbarometer nur eine Röhre von etwas über 28 Zoll Länge zu haben braucht, muß die Röhre eines Waſſerbarometers eine Länge von mehr als 32 Par. Fuß haben, denn das Queckſilber iſt 13,6 mal ſchwerer als Waſſer, es wird alſo eine Queckſilberſäule von 28 Zoll eben ſo viel wiegen als eine Waſſerſäule gleicher Stärke von 13,6 mal 28 Zoll, d. i. von faſt 32 Fuß.

Das erſte Barometer beſtand aus einer oben zugeſchmolzenen, unten offenen Glasröhre, welche mit dem offenen Ende unter die Oberfläche einer unbeſtimmten, in einem offenen Gefäße enthaltenen Menge Queckſilber geſenkt iſt, und in welcher bei gewöhnlichem Luftdrucke eine Queckſilberſäule von etwa 28 Zoll ſteht. Ueber der Queckſilberſäule befindet ſich in der etwa 32 Zoll langen Röhre ein leerer Raum, die Torricelli'ſche Leere (lat. vacuum Torricellianum), die Leere Kammer des Barometers genannt.

*) Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. III. S. 45.
**) Philos. Transact. 1832. p. 539. Vergl. Dove's Repert. Bd. I. S. 39.

Man kann ein ſolches einfaches Barometer leicht herſtellen, wenn man eine Glasröhre, die an einem Ende zugeſchmolzen iſt, mit Hülfe eines kleinen Trichters von Papier oder Glas mit Queckſilber füllt, den Finger auf die Mündung legt, die Röhre umdreht und ſammt dem deckenden Körper in ein offenes Gefäß mit Queckſilber ſenkt, ſo daß das offene Ende rings von Queckſilber umgeben iſt. Man zieht hierauf den Finger hinweg. Iſt nun die Röhre weniger als 28 Zoll lang, ſo bleibt ſie ganz gefüllt; iſt ſie länger als 28 Zoll, ſo läuft ein Theil des Queckſilbers aus der Röhre in das Gefäß und oben in der Röhre ſinkt das Queckſilber herab, bis ſein Niveau etwa 28 Zoll über dem Niveau des Queckſilbers im Gefäße ſteht. Ein Barometer, welches weſentlich in dieſer Art zuſammengeſetzt iſt, heißt ein Gefäßbarometer (franz. baromètre à cuvette). Iſt das Gefäß an die Röhre ſelbſt angeſchmolzen in Geſtalt einer offenen Flaſche, Birne oder Kugel, ſo heißt man das Inſtrument ein Flaſchenbarometer, Birnbarometer, Kapſelbarometer, Phiolenbarometer. Iſt aber endlich die Röhre heberförmig umgebogen, ſo daß ſie aus einem verſchloſſenen längern und einem offenen kürzern Schenkel beſteht, ſo hat man ein Heberbarometer (franz. baromètre à siphon). Dies ſind die weſentlichen Abänderungen, welche bei den verſchiedenen Barometern vorkommen; welche beſonderen Einrichtungen man dem Barometer gegeben hat, um es ſo vollkommen als möglich herzuſtellen und um es zu gewiſſen ſpeciellen Benutzungen brauchbar zu machen, wird hier nicht geſagt werden. Die Länge der vom Drucke der Luft getragenen Queckſilberſäule kann man mit einem gewöhnlichen Maßſtabe meſſen; der Bequemlichkeit wegen bringt man aber ihn, die Barometerſcale, gleich am Inſtrumente ſelbſt auf eine den Gebrauch möglichſt erleichternde Weiſe an.

Auzout*) hat einen Apparat angegeben, welcher beweiſt, daß die Barometererſcheinungen durch den Druck der Luft bewirkt werden. Das luftdichte Gefäß eghf iſt mit den beiden Glasröhren ab, cd ſo verſehen und ganz mit Queckſilber gefüllt. Beide Röhren ſind über 29 Zoll lang und die eine iſt bei d verſchloſſen. Bei c, b und a ſind die Röhren offen. Kehrt man den Apparat um, ſo daß er in die Lage kommt, wie die Zeichnung angiebt, und das offene Ende a im Queckſilbergefäß op ſteht, ſo wird das Queckſilber bis zur Höhe von 28 Zoll, alſo bis mn im Gefäße, in der obern Röhre aber ganz herabſinken. Bohrt dann in dem Gefäße bei g ein kleines Loch geöffnet, ſo daß Luft in das Gefäß dringt, ſo ſteigt ſogleich das Queckſilber in der oberen Röhre bis i und fällt aus der untern ganz herab, ſo daß man alſo den Luftdruck als eigentliche Urſache des Barometers ſichtbar wahrnimmt; indem man ſelbe das untere Barometer aufhebt, ſtellt er das obere her.

Die vielfache Anwendung des Barometers bei Verſuchen und Beobachtungen, wo es auf Schärfe und Genauigkeit ankommt, macht eine ſehr ſorgfältige Herſtellung deſſelben nöthig. Wollte man es nur in der angegebenen rohen Weiſe herſtellen, ſo würde man ein Inſtrument erhalten, das zu Beobachtungen, wie ſie der Stand der Wiſſenſchaft verlangt, unbrauchbar wäre. Bei einem vollkommenen Barom

*) System of Mechanical Philos. by J. Robinson, with notes by D. Brewst Edinb. IV. Vol. 8. m. 338.

muß das Queckſilber völlig rein von andern Metallen, von Schmutz und von Luft ſein; die Röhre muß von gleichmäßiger Weite und gehöriger Länge ſein, auch weder in dem Raume über der Queckſilberſäule, noch zwiſchen dieſer und ihrer inneren Fläche Luft enthalten, denn ſonſt würde die Länge der Queckſilberſäule nicht die Größe des Luftdruckes von außen, ſondern den Unterſchied des äußeren und inneren Luftdruckes angeben; das Gefäß muß ſo beſchaffen ſein, daß es dem Queckſilber bei Veränderung des Luftdruckes Steigen und Sinken geſtattet, die äußere Luft, damit ihr Druck erkannt werden kann, nicht abſchließt und dabei dennoch das Queckſilber vor Verunreinigung durch Staub und Schmutz möglichſt ſchert; ein Maßſtab endlich muß ſo angebracht ſein, daß man an ihm die Veränderung des Barometerſtandes wohl ermeſſen kann, auch muß die Ausdehnung, welche as Material, auf welches derſelbe verzeichnet iſt, bei Temperaturveränderungen leidet, in Rechnung gebracht oder unſchädlich gemacht werden können.

Was zunächſt das Queckſilber betrifft, ſo iſt deſſen Reinheit am deutlichſten und ſicherſten aus einer rein ſpiegelnden Oberfläche und daran zu erkennen, daß es ſich weder an Glas noch an Papier hängt und auf dem letzteren keine metalliſchen Streifen hinterläßt. Baumgartner zieht dieſes Kennzeichen der Reinheit des Queckſilbers demjenigen vor, welches das ſpecifiſche Gewicht giebt. Er ſagt*): „Ich habe öfters Queckſilber mit aller Sorgfalt aus rothem Queckſilberoxyd reducirt und ein reines Metall erhalten. Wenn ich aber zu einem Pfund deſſelben nur einen Gran Zinn gab, bekam die Miſchung plötzlich eine beinahe aſchgraue faltige Haut an der Oberfläche und hing ſich an das Glas, ja ſogar an die Finger an, trug alſo alle Spuren der chemiſchen Verunreinigung deutlich an ſich, und doch würde wohl der beſte Experimentator mit der vorzüglichſten Wage nicht im Stande ſein, dieſe Beimiſchung aus einer Aenderung des ſpecifiſchen Gewichts zu erkennen.“ — Um das Queckſilber, wie man es im Handel erhält, zu reinigen, ſchüttelt man es mehrmals mit reiner, ſtark verdünnter Salpeterſäure. Am beſten iſt es, das Queckſilber mehre Wochen lang mit der Säure in Berührung zu laſſen. Um dann aber die Säure wieder vollſtändig wegzuſchaffen, wird das Queckſilber mit deſtillirtem Waſſer ſo oft als nöthig ausgewaſchen. Das ſtets im deſtillirten Queckſilber enthaltene Queckſilberoxyd wird durch Schütteln mit verdünntem Schwefelammonium fortgeſchafft. — Nach Muncke**) reinigt man chemiſch verunreinigtes Queckſilber am beſten dadurch, daß man es zuerſt in Zinnober verwandelt und dann aus dieſem reducirt. In einem irdenen Tiegel wird 1 Theil Schwefel geſchmolzen; darauf thut man 5 Theile des verunreinigten Queckſilbers hinzu, rührt beſtändig mit einem eiſernen Spatel, bis beide ſich mit einer Exploſion verbinden, wobei, namentlich bei größeren Quantitäten, die größte Vorſicht anzuwenden iſt. Die erkaltete Maſſe wird herausgenommen, in einem eiſernen oder ſteinernen Mörſer gepulvert und in einen Glaskolben gethan, der nur etwa zu $^2/_3$ angefüllt ſein darf; letzterer wird dann, mit etwas Papier locker verſtopft, in einem Tiegel mit Sand mehre Stunden einer allmälig verſtärkten Rothglühhitze ausgeſetzt, bis ſich der Zinnober völlig ſublimirt hat. Dieſer wird dann ausgenommen, gepulvert, mit $^1/_2$ Eiſenfeile oder nahe einer gleichen Menge Kalk gemengt, und dann am beſten aus einer eiſernen Retorte im Sandbade deſtil-

*) Baumgartner, Naturlehre. Supplementband. S. 134.
**) Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. 1. S. 881.

Art. Statt der letzteren kann man auch eine irdene oder eine gläserne beschlagen nehmen, läuft aber bei der ersteren Gefahr, durch die Porosität derselben Queck silber zu verlieren, und ist bei der letzteren nicht gegen das Zerspringen gesichert Den Hals der Retorte umwickelt man mit mehrere Zolle vorstehendem Fließpapier und taucht das Ende desselben in ein Gefäß mit Wasser, in welchem man dann das gereinigte Queckſilber findet *). — Baumgartner ſchlägt, um chemiſch unrei nes Queckſilber zu reinigen, vor, man ſolle das unreine Queckſilber in Schwefe ſäure auflöſen, das ſchwefelſaure Queckſilber mit Aetzkalk mengen, erhitzen und da freiwerdende Queckſilber auffangen. — Iſt indeß das Queckſilber chemiſch rei und nur mechaniſch mit Schmutz und Staub verunreinigt, ſo kann man es ſogleic dadurch reinigen, daß man es einige Mal durch Trichter von Schreibpapier od durch ein trichterförmig gewundenes Kartenblatt laufen läßt, noch beſſer, wenn m es in einer Flaſche von Steingut mit einigen glühend hineingeworfenen Holzkohl ſchüttelt und ſodann durch Papiertrichter laufen läßt. — Vom Waſſer und Lu trennt man das Queckſilber durch die Hitze.

Bei der Wahl der Glasröhre muß man ſein Augenmerk auf Mehreres richte Erſtens muß ſie aus einem harten Glaſe beſtehen, denn bei weichem Glaſe kom es leicht vor, daß eine Zerſetzung beim Auskochen, von welchem ſogleich die Rede i wird, ſtattfindet. Namentlich erwähnt Baumgartner (a. a. O.), daß die mit mehreren in Oeſterreich verfertigten Glasſorten der Fall ſei. Indeß darf m auch kein zu hartes Glas wählen, weil dieſes der Gefahr des Springens beim Au kochen ausgeſetzt iſt; am meiſten hüten muß man ſich vor ſolchen Röhren, die ich feine Sprünge haben, welche als ganz feine Linien, die der Länge nach Glasröhre überziehen, ſichtbar ſind.

Zu Gefäßbarometern nimmt man eine Röhre von etwas über 32 Zoll. D Dicke der Seitenwand der Röhre darf nicht über $^1/_2$ Lin. betragen, weil die Rö ſonſt leicht bei der Erhitzung ſpringt, durch dünnes Glas ſetzt ſich hingegen Wärme leichter und gleichmäßiger fort; aber auch nicht zu dünn darf die Gl röhre ſein, indem dieſelbe ſonſt bei dem geringſten Stoß des Queckſilbers gegen obere Ende zerſchellt werden würde; am vortheilhafteſten wird eine Glasdicke 0,2 Lin. ſein. Die Weite der Röhre darf nicht unter 1,5 Lin. und in der Re nicht über 3 Lin. ſein; denn wollte man eine engere Röhre nehmen, ſo würde Queckſilber durch die Adhäſion an den Wänden in der leichten Beweglichkeit hindert, auch der Einfluß der Haarröhrchenanziehung (von welcher ſpäter beſonde zu groß ſein, bei einer weiteren Röhre dagegen würde die Menge und alſo a das Gewicht des Queckſilbers unnöthig vermehrt werden, auch die Gefahr, daß den oberen leeren Raum Luft eindringe, groß ſein. Man hat jedoch zuweilen Ba meterröhren von 6‴ Durchmeſſer angewendet. Die Glasröhre muß ferner durchgängig gleicher Weite ſein, eine Eigenſchaft, die, gemäß ihrer Verfertigungs nur wenige Glasröhren vollkommen beſitzen. Die Glasröhren laufen in der R gel coniſch zu, d. h. das obere Ende iſt enger als das untere. Um zu unterſuch ob eine Glasröhre von durchgängig gleicher Weite ſei, bedient man ſich des folgen Mittels, welches man das Calibriren nennt, weil es dazu dient, das Caliber, Weite der Röhre, zu unterſuchen.

*) Ueber das Deſtilliren des Queckſilbers vergl. Döbereiner's Theorie u. Pra der pharmaceut. Arbeiten. Leipzig u. Baſel, 1831. S. 67.

Man befestigt einen Kork an einen Bindfaden und zieht denselben durch die zu untersuchende Röhre; zugleich läßt man über dem Kork einen Tropfen Queckſilber mit durch die Röhre laufen. Dieſer nimmt in der Röhre die Geſtalt eines kleinen Cylinders an; indem man nun die Länge dieſes Cylinders beobachtet, findet man, ob die Röhre durchgängig von gleicher Weite ſei. Dieſes iſt nämlich der Fall, wenn beim Durchlaufen der Queckſilbercylinder von ſtets ſich gleichbleibender Länge iſt; finden ſich dagegen engere und weitere Stellen in der Röhre, ſo wird der Cylinder bei jenen länger, bei dieſen kürzer werden. Die Beobachtung der Länge des Cylinders kann mittelſt des Cirkels oder noch leichter mittelſt eines Kartenblättchens, auf welches man ſich die Länge deſſelben, die er beim erſten Einfüllen hatte, verzeichnet, angeſtellt werden. Bei Heberbarometern pflegt man, damit das obere längere Ende und der kürzere Schenkel von möglichſt gleicher Weite ſein, zu letzterem das oben abgeſchnittene Stück des längeren zu nehmen. — Hat man nun eine Glasröhre gefunden, welche allen den genannten Bedingungen entſpricht, ſo reinige man ſie zuvörderſt von allem inwendig anhaftenden Schmutz und Staub. Man befeſtige einen Wiſcher von Baumwolle an einen Bindfaden und ziehe ihn wiederholt durch die oben und unten noch offene Röhre, bis ſie ganz rein erſcheint. Nun erſt ſchmelze man ein Ende der Röhre über der Schmelzflamme einer Glasblaßlampe zu. Dies darf aber nicht ſo geſchehen, daß die Röhre eine Spitze auslaufe, weil es dann ſchwer halten würde, alle Luft daraus zu vertreiben, was doch geſchehen muß; es muß die Röhre oben in eine etwas erweiterte Wölbung endigen. Man hat, um das leichte Zerſchellen, wenn bei Erſchütterungen die Queckſilberſäule im Barometer gegen die Wölbung ſchlägt, zu hindern, vorgeſchlagen, die Glasröhre 0,5 bis 0,75 Zoll unter ihrem oberen Ende bis zu einer Weite von etwa $^1/_3$ Lin. zuſammenzublaſen, damit durch den engeren Raum die Gewalt des Queckſilbers, ehe es gegen die obere Wölbung ſchlägt, gebrochen werde. Derartige Röhren ſind indeß beim Auskochen dem Zerſpringen ſehr ausgeſetzt und das in das obere Ende gekommene Queckſilber bleibt nicht ſelten in dieſen hängen, wenn es herabſinken ſoll.

Die Füllung der Röhre muß nun ſo geſchehen, daß durchaus keine Luft und kein Dampf ſich in dem Raume über dem Queckſilber ſammeln kann, ſondern daß derſelbe vollkommen leer ſei. Schon oben iſt geſagt worden, daß Luft und Feuchtigkeit durch Erhitzen aus dem Queckſilber vertrieben werden; dieſes kann geſchehen, indem man es in einer gläſernen Phiole über ein heißes Blech oder auf einen heißen Ofen ſtellt, bis das Glas mit feinen Queckſilbertropfen überzogen zu werden anfängt, dann nimmt man es weg und läßt es vor dem Einfüllen in die Röhre erkühlen. Wollte man es warm einfüllen, ſo würde die Röhre mit einem feinen Staub beſchlagen und man würde Gefahr laufen, daß ſich Feuchtigkeit dem Queckſilber beimenge, welche wegzuſchaffen viele Mühe koſtet. Auch die Röhre wird vor dem Einfüllen des Queckſilbers ſtark erhitzt, damit ſich alle Feuchtigkeit aus derſelben entferne. Das Verfahren, welches man beobachtet, iſt nach Biot*) folgendes: Man giebt in einem kleinen, an einem Rande mit einem Ausſchnitte verſehenen Ofen von irdener Maſſe Hitze durch glühende Kohlen, die man jedoch ſo anzuordnen hat, daß ſie nicht in Flammen aufſchlagen, weil die Röhre unfehlbar zerſpringen würde, wenn ſie unmittelbar von der Flamme berührt würde.

*) Biot's Experimental-Phyſik, überſ. von Fechner. Zweite Aufl. Bd. I. S. 209.

Darauf hält man die Röhre noch leer über das Feuer, erst von Weitem, allmälig immer näher, bis sie endlich sehr stark erhitzt ist, wobei man sie zugleich um sich selbst zwischen den Fingern zu drehen und in ihrer ganzen Länge über dem Feuer hinzuführen hat, um sie allen ihren Theilen nach zu erhitzen. Dieser erste Theil der Operation hat zum Zweck, die Wassertheilchen, welche sich zufällig in der Röhre befinden könnten, zu entfernen; denn wollte man damit bis nach dem Eingießen des Queckſilbers warten, so würde der aus ihnen erzeugte Wasserdampf dieses durch seine Expansivgewalt heraustreiben oder wenigstens Erschütterungen hervorbringen, welche das Springen des Apparats nach sich ziehen könnten. Ist die Röhre auf solche Weise wohl ausgetrocknet, so gießt man schon gekochtes Queckſilber hinein, nicht in solcher Quantität, um sie ganz anzufüllen, sondern bloß so viel, daß es eine Länge von fünf bis sechs Centimetern (etwa 2 Zoll) einnimmt; darauf hält man die Röhre abermals über das Feuer, aber mit noch mehr Vorsicht als das erste Mal, und giebt allmälig immer mehr Hitze, bis das Queckſilber anfängt, ins Sieden zu kommen. Hat dies einige Augenblicke gedauert, so zieht man die Röhre vom Feuer ab, verschließt sie, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhüten, mit einem Stöpsel und läßt sie erkalten. Diese Operation muß in einem Zimmer mit offenen Fenstern vorgenommen werden oder wenigstens in einem, das geräumig genug ist, um eine nachtheilige Einwirkung der Queckſilberdämpfe auf den Operirenden zu verhüten. Nachdem die Röhre erkaltet ist, nimmt man sie wieder zur Hand, gießt eine neue, der ersten ziemlich gleiche Quantität Queckſilber hinein, läßt dieses abermals kochen und wiederholt den Versuch auf die nämliche Weise, bis die Röhre fast ganz voll ist. Darauf schüttet man die noch folgende geringe Queckſilbermenge hinzu, läßt sie aber nicht in der Röhre kochen, weil sie dadurch herausgetrieben werden würde.

Etwas anders giebt Baumgartner*) das Verfahren beim Auskochen der Röhre an. Man soll die Röhre anfänglich nur etwa zur Hälfte ausfüllen und sie dann alsogleich auskochen. Zu diesem Behuf dient eine gewöhnliche Räucherpfanne mit einem an der Seitenwand angebrachten Ausschnitt, der zur Aufnahme der Glasröhre bestimmt ist. Man legt in diese Pfanne schon glühende Kohlen, sorgt aber dafür, daß in der Nähe des Ausschnittes eine große flache Kohle auf den Boden zu liegen komme und zu beiden Seiten derselben die Kohlen aufgethürmt seien, aber nach der der Spalte entgegengesetzten Seite zu immer abnehmen, zugleich aber auch, daß zwischen diesen Kohlen gleichsam eine Rinne zur Aufnahme der Glasröhre übrig bleibe. Nun wird die Glasröhre zuerst mit dem geschlossenen Ende den glühenden Kohlen sorgfältig genähert, damit sie sich langsam erhitze, endlich gar in die Kohlenspalte gesenkt und dabei immer um ihre Axe gedreht, während man sie in einer schiefen Richtung, etwa 25—30° gegen den Horizont geneigt hält. Bald wird man bemerken, daß das Glas fast matt wird, mithin viele Luftblasen entwickeln, die immer größer und größer werden und endlich längs der Glaswand in die Höhe steigen, wobei sie ihren Weg durch einen besondern Glanz des Queckſilbers bezeichnen, zum Beweise, daß sie die meiste Luft mitgenommen haben. Man thut gut, die Stelle, von wo aus sich die Blasen auf diese Weise entwickelt haben, durch Vorschieben der Röhre aus dem Feuer zu bringen, damit eine andere Stelle dahin gelange und diese Operation bis zum Ende des Queckſilbers

*) A. a. O. S. 137.

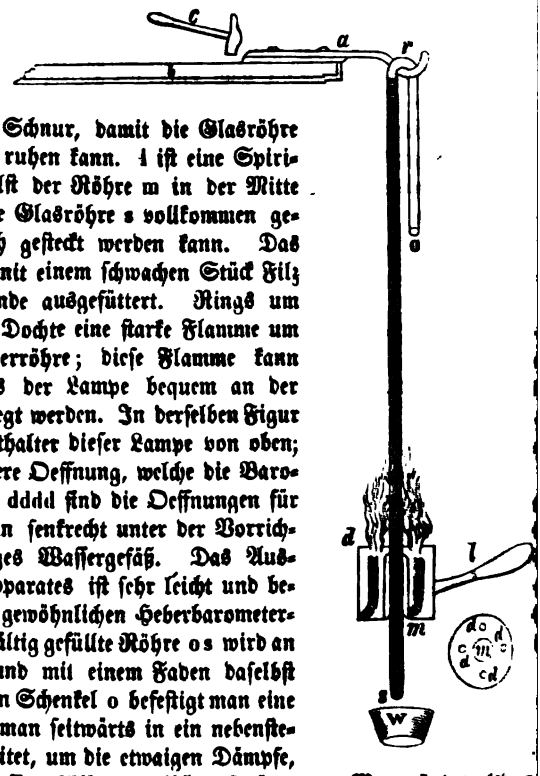
fortgesetzt werde. Bei der zweiten und den folgenden so zu behandelnden Stellen wird man nicht lange auf die Blasenentwickelung warten dürfen, weil sie schon erhitzt in den eigentlichen Feuerraum kommen. Hat man auf diese Weise den größten Antheil Luft aus dem Glase vertrieben, so beginnt man die Arbeit wieder von Neuem und läßt dabei das Queckſilber in ſtarkes Sieden kommen. Man braucht dazu nur wie bei der vorhergehenden Arbeit zu verfahren, mit dem Unterſchiede, daß man die einzelne Glasſtelle nicht eher vorſchiebt, als bis das Queckſilber heftig kocht und ſich weder an der Stelle, wo dieſes geſchieht, noch weniger aber unterhalb noch Luftblaſen zeigen. Wenn man der Glasröhre nur eine ſanfte Neigung gegen den Horizont giebt und ſie langſam um ihre Axe dreht, wird man leicht jedes Bläschen bemerken und es bald vertreiben, wenn man nur die Stelle unterhalb deſſelben dem ſtärkſten Feuer ausſetzt. Hat man auf dieſe Weiſe das ganze bereits eingefüllte Queckſilber ausgekocht, ſo läßt man es auskühlen, füllt dann die ganze Röhre weiter mit friſchem Queckſilber bis auf ein etwa $1—1\frac{1}{2}$ Zoll langes Stück an und verfährt mit dieſem wie vorhin. Man ſoll aber ja nicht kaltes Queckſilber auf warmes nachfüllen, weil ſich jenes als das dichtere ſenkt und wieder Luft in den unteren, ſchon ausgekochten Theil bringt. Uebrigens iſt nicht daran zu denken, daß ein Barometer ſchon vollkommen luftleer ſei, wenn man es einmal ausgekocht hat; es iſt nothwendig, dieſe Arbeit zwei, dreimal und öfter zu wiederholen, bis man endlich gar keine Luftblaſe mehr bemerkt. Nur das oberſte Stück, das man beim erſteren Proceſſe immer leer laſſen mußte, um für die durch Erhitzung bewirkte Ausdehnung des Queckſilbers Raum zu haben, braucht man nur einmal auszukochen.

Muncke*) iſt der Meinung, es ſei nöthig, um vollkommene Reinheit zu erhalten, die ganze Röhre zugleich über einer hinlänglichen Menge Kohlen auszukochen, eine Methode, welche der Mechanicus Clarey bei einigen Barometern anwandte und welche nach der Ausſage des Dr. Eimke ein gemeiner Glasbläſer in Hamburg bei allen für Repſold ausgekochten Barometerröhren befolgt. Auch Angos**) giebt an, daß er, um übereinſtimmende Barometer zu erhalten, die Röhren mit reinem Queckſilber fülle, die obere Mündung mit einem länglichen Sacke von Leinen verbinde, um das durch das Sieden herausgeworfene Queckſilber aufzunehmen, dann drei Röhren zugleich in ein Futteral von Eiſenblech mit feiner Aſche gefüllt einſchließe, dieſes allmälig erhitze und dann über Holzkohlen in einer etwas geneigten Lage eine halbe Stunde kochen laſſe. Iſt hierbei zu viel Queckſilber aus der Röhre gekommen, ſo werden die Röhren nachgefüllt und abermals gekocht, wodurch ſie völlig luftleer werden. Indeß ſcheint dieſe Methode wegen des heftigen Siedens des Queckſilbers kaum anwendbar und auf jeden Fall der leinene Sack nicht hinlänglich gegen das Auslaufen und Verdampfen des Queckſilbers zu ſchützend, abgerechnet, daß derſelbe in der großen Hitze des Sandes verkohlen muß. Gerathener dürfte es zur Erreichung dieſes allerdings wichtigen Zweckes ſein, an das offene Ende der Barometerröhre eine hinlänglich weite Kugel mit einer feinen etwas gebogenen Spitze anzublaſen, in welcher das wallende und durch die Hitze ſtark ausgedehnte Queckſilber ſich ſammeln und aus derſelben wieder in die Röhre zurückfließen könnte, dieſe Kugel aber ſo weit vom Feuer entfernt zu halten, daß

*) Gehler's phyſ. Lex. Neue Ausg. Bd. I. S. 883.
**) Journ. de phys. T. LXXIII. p. 146.

das Queckſilber in derſelben während des heftigen Siedens in der Röhre nur wenig ſiedet, um nicht zu großen Verluſt durch die entweichenden Dämpfe zu erleiden. Arbeiter, welche dieſes Auskochen oft und anhaltend verrichten, müſſen zum Schutze gegen den ſchädlichen Einfluß der Queckſilberdämpfe die Athmungswerkzeuge mit einem naſſen Badeſchwamme verhüllen.

Ein Verfahren bei Auskochung der Barometerröhre, welches ſehr verdient berückſichtigt zu werden, giebt Romershauſen*) an, wie folgt: Irgendwo an einer Wand wird in paſſender Höhe die elaſtiſche Holzlatte b (ſ. beiſtehende Fig.) feſter befeſtigt und am andern Ende derſelben a der eiſerne Haken r aufgeſchroben. Man umwindet alsdann dieſen Haken mit einer wollenen Schnur, damit die Glasröhre ohne Beſchädigung darauf ruhen kann. l iſt eine Spirituslampe, welche vermittelſt der Röhre m in der Mitte ſo durchbrochen iſt, daß die Glasröhre s vollkommen geräumig durch ſie hindurch geſteckt werden kann. Das Innere dieſer Röhre iſt mit einem ſchwachen Stück Filz bis nahe zum oberen Rande ausgefüttert. Rings um die Röhre m bilden vier Dochte eine ſtarke Flamme um die durchgeſteckte Barometerröhre; dieſe Flamme kann vermittelſt des Handgriffs der Lampe bequem an der Röhre auf und nieder bewegt werden. In derſelben Figur ſieht man unten den Dochthalter dieſer Lampe von oben; m iſt die geräumige, mittlere Oeffnung, welche die Barometerröhre aufnimmt, und dddd ſind die Oeffnungen für die vier Dochte. W iſt ein ſenkrecht unter der Vorrichtung ſtehendes, geräumiges Waſſergefäß. Das Auskochen vermittelſt dieſes Apparates iſt ſehr leicht und bequem, es iſt hier an einer gewöhnlichen Heberbarometerröhre dargeſtellt. Die ſorgfältig gefüllte Röhre os wird an dem Haken r aufgehängt und mit einem Faden daſelbſt feſtgebunden. An den kurzen Schenkel o befeſtigt man eine leichte Papierrolle, welche man ſeitwärts in ein nebenſtehendes Glas mit Waſſer leitet, um die etwaigen Dämpfe, wie das etwa überſteigende Queckſilber daſelbſt aufzufangen. Man zündet alsdann die Lampe l an, läßt die ſenkrecht herabhängende Röhre s durch die Oeffnung m hindurchgleiten und erhitzt anfangs durch ſchnelles Herauf- und Hinabbewegen der Lampe die ganze Röhre allmälig und gleichförmig. Alsdann fängt man unten bei s das eigentliche Kochen an und ſchreitet damit nach und nach an der Röhre hinauf. Durch Bewegung der Lampe ober- und unterhalb des Kochpunktes kann man ſehr leicht das ſchnelle und der Röhre gefährliche Herabfallen des ſteigenden Queckſilbers verhüten, wozu ſchon der erſte Verſuch hinlängliche Anleitung giebt. Während dieſer Operation giebt ein Gehülfe fortwährend mit einem Hammer kleine Schläge



*) Pogg. Ann. Bd. IV. S. 338. Fechner's Repert.

auf die Holzlatte, welche dadurch in andauernde Vibration gesetzt wird und das senkrechte Aufsteigen der Luft und Wasserdämpfe in der Röhre ungemein beschleunigt und fördert. Die Vibration der Holzlatte kann auch ohne Gehülfen durch einen einfachen Fußtritt leicht bewirkt werden. Das Auskochen der Röhre erfolgt auf diese Weise so schnell und vollkommen, als es auf keinem andern Wege möglich ist; man ist dabei so ganz gegen alle schädlichen Ausdünstungen des Queckſilbers, wie auch gegen jeden Verlust dieses Metalls, gesichert, daß selbst in dem kaum möglichen Falle des Zerspringens auch nicht der kleinste Theil des Queckſilbers zerstreut werden kann, denn der ganze Inhalt der Röhre fällt augenblicklich in das Waſſergefäß W herab.

Hat man die Glasröhre zu einem Gefäßbarometer wohl ausgekocht, so verschließt man ihr oberes Ende sorgfältig mit dem Finger, so daß ja keine Luft zwischen der Fingerspitze und dem Queckſilber bleibt, dreht sie um und bringt sie mit dem offenen Ende unter das gereinigte Queckſilber im Gefäße, wo man sie öffnet und nunmehr ein richtiges Gefäßbarometer gewonnen hat. Hat man, wie oben angegeben, die Röhre etwas über 32 Zoll lang genommen, so ritzt man noch vor dem Umwenden in einer Höhe von höchstens 32 Z. die Glasröhre ein und bricht das kürzere Stück etwas unterhalb der Oberfläche des Queckſilbers ab; hierauf wendet man, wie oben angegeben, die Röhre um.

Heberbarometer müſſen schon vor dem Auskochen in die gehörige Form gebogen werden, mit Ausnahme des von Gay-Luſſac angegebenen (ſ. d. Folg.), bei welchem wegen des zwischengesetzten engen Röhrchens der kürzere Schenkel erst nach dem Auskochen umgebogen wird, weil hierdurch das Auskochen um vieles leichter geschieht und beim Zusammenziehen des Queckſilbers nach dem Erkalten auch dafür gesorgt werden kann, daß ausgekochtes Queckſilber in die engere Röhre kommt.

Aus den Gesetzen der Adhäſion ist es zu erklären, daß sehr häufig, nachdem man die Röhre umgewendet hat, das Queckſilber, welches durch das Auskochen in die innigste Berührung mit der innern Wand der Röhre getreten ist, sich gar nicht oder doch nicht bis zu der natürlichen Tiefe herabsenkt, zuweilen auch oben ein Theil des Queckſilbers hängen bleibt, während die Säule unter ihm herunter geht. Die Röhre muß dann so lange sanft erschüttert werden, bis das Queckſilber seinen gehörigen Stand annimmt.

Je länger das Queckſilber in der Barometerröhre gekocht hat, desto mehr plattet sich die kugelförmige Kuppe ab, welche das obere Ende der Queckſilberſäule gewöhnlich hat und welche eine Folge der Anziehung der innern Glaswand der Röhre gegen das Queckſilber ist. — Dom Casbois machte im J. 1780 zuerst diese Bemerkung. Lange Zeit hielt man diese Abplattung für ein Zeichen von besonderer Güte eines Instrumentes. Dulong*) hat jedoch gezeigt, daß das Verschwinden der Queckſilberkuppe von einem Antheil Queckſilberoxyd herrühre, welches sich während des Auskochens bildet und das Anhaften an das Glas verhindert**). Um die Bildung von Queckſilberoxyd beim Auskochen möglichſt zu vermeiden, muß man beim Kochen den Zutritt der Luft zu vermeiden ſuchen.

---

*) Poisson, nouv. théorie de l'action capillaire. p. 291. Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 455.

**) Poggendorff bemerkt a. a. O., für die Unzulänglichkeit der Erklärung Dulong's ſpreche die veränderliche Geſtalt der Queckſilberfläche in weiten Barometern, für welche

Man hat in neuerer Zeit das Auskochen oft ganz unterlassen und die am Glase anhängende Luft und Feuchtigkeit dadurch zu entfernen gesucht, daß man das Queckſilber warm in die Röhre gefüllt hat. Bei den geraden Röhren, deren man ſich zu Gefäßbarometern bedient, hat man, um dieſe Art der Füllung zu bewirken, einer etwas weiten und langen Thermometerröhre ſich bedient, welche oben trichterförmig erweitert iſt. Dieſe ſenkt man in die Barometerröhre bis auf den Boden derſelben und gießt durch ſie das warme Queckſilber ein. Wird dies mit Sorgfalt ausgeführt, ſo läßt ſich die Luft und die Feuchtigkeit vollkommen entfernen. Mohl hat vorgeſchlagen, anſtatt die Barometerröhren auszukochen, das mit Queckſilber gefüllte Barometerrohr mit einer Luftpumpe in Verbindung zu ſetzen und dann die Luft durch Auspumpen zu entfernen. Breithaupt trocknet die Röhre vor dem Einfüllen und Kochen des Queckſilbers unter der Luftpumpe mit Chlorcalcium ſorgfältig aus.

Das Gefäß des Barometers verdient noch beſondere Berückſichtigung*). Bei dem Birnbarometer iſt das Gefäß eine unmittelbar an die Röhre angeſchmolzene Glaskugel, deren Durchmeſſer ſich zu dem der Röhre wie 10 : 1 verhalten ſoll, ſelbſt wenn das Inſtrument nur als Zimmerbarometer gebraucht wird, damit die Veränderungen des Queckſilberſtandes in der Kugel ſo klein ausfallen, daß man ſie für den gewöhnlichen meteorologiſchen Gebrauch vernachläſſigen kann. Ein eigentliches Queckſilbergefäß kommt nur bei jenen Barometern vor, die davon den Namen Gefäßbarometer führen. Ein ſolches Gefäß beſteht aus Glas, Eiſen, Bein oder Holz und zwar im letzteren Falle meiſtens aus Burbaumholz. Gläſerne Gefäße braucht man nur in dem Falle, wo man die Oberfläche des Queckſilbers durch ein im Innern des Gefäßes vorhandenes Merkzeichen reguliren will; eiſerne, wenn das Inſtrument beſondere Feſtigkeit beſitzen ſoll und man der Luft durch eine eigne Oeffnung Zutritt geſtatten will; hölzerne Gefäße ſind von allen die brauchbarſten, ſie laſſen, wenn auch die Wände $^1/_2$ Zoll dick ſind, ohne beſonders angebrachte Oeffnung ſchnell Luft, aber nicht Queckſilber durch, beſitzen eine Feſtigkeit, vermöge welcher ſie ſelbſt ſtarken äußeren Einwirkungen widerſtehen, und ſind leicht von jeder beliebigen Größe zu erhalten. Beinerne Gefäße mögen wohl zierlich ausſehen, taugen aber wegen ihrer hygroſkopiſchen Beſchaffenheit und wegen des ſo leicht erfolgenden Schwindens nicht viel. Die Form dieſer Gefäße iſt immer cylindriſch und die untere Hälfte iſt mit einem ledernen Sack (am beſten aus Hund

---

ſich oft kein nachweisbarer Grund angeben läßt, und die Erfahrung von Schieck, daß ja gerade in weiten Röhren, bei welchen Dulong den Einfluß jener Auflöſung des ſich bildenden Oxyds wegen der größeren Queckſilbermaſſe für unbedeutend hält, durch das Kochen genau ward. — Bohnenberger konnte bei ſorgfältigem Auskochen von Barometern, die mit Queckſilber gefüllt waren, welches aus rothem Präcipitat und aus Zinnober gewonnen war, nie eine ebene oder hohle Oberfläche erhalten, wenn der Durchmeſſer der Röhre 5,8 und 3,8 Linien betrug. Dieſe Oberfläche war hingegen bis auf einen Abſtand von 2 Linien vollkommen eben in ſeinem 14,5 Linien weiten Normalbarometer. Ein Zuſatz zum Queckſilber von $^1/_{6000}$ Silber veränderte die Depreſſion und verflachte die Oberfläche. Es fand ſich nämlich

	Capillardepreſſion	Höhe der Kuppe
bei reinem Queckſilber	0‴,35	0‴,43
= amalgam. =	0‴,19	0‴,28.

Naturwiſſenſchaftl. Abhandlungen, herausg. von einer Geſellſchaft in Würtemberg. Tübing. 1822. Dove's Repert. Bd. I. S. 37. Vergl. d. Folg.

*) S. Baumgartner a. a. O. S. 139.

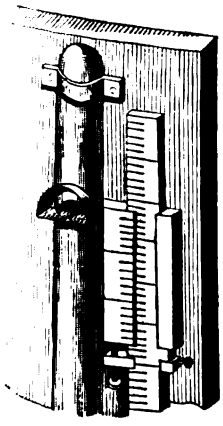
leder) versehen, der nur mit den Rändern am Umfange des Cylinders luftdicht haftet. Am oberen Deckel ist die Glasröhre eingekittet oder besser eingeleimt; der untere ist mit einer Schraube versehen, durch welche der Boden des Sackes, der das Queckſilber enthält, gehoben oder gesenkt wird.

Ein sehr wichtiger Theil des Barometers ist endlich der Maßstab; er muß nach einem allgemein anerkannten Maße verfertigt sein, dessen Verhältniß zu den übrigen gewöhnlich vorkommenden Längenmaßen bekannt ist. Am meisten empfiehlt sich wegen der genauen Bestimmtheit der Länge eines Meters und wegen der Decimaleintheilung, die für die Rechnung sehr bequem ist, die Theilung in Millimeter. Außer dieser Theilung kommt die in Pariser Linien am häufigsten vor. Sobald man den Maßstab auf einen neben der Glasröhre angebrachten Körper zeichnet, so ändert sich derselbe durch die Wärme vom Glase unabhängig aus (s. d. Art. Ausdehnung). Bei Temperaturveränderungen werden hierdurch nothwendig Unrichtigkeiten herbeigeführt werden, wenn man nicht die Ausdehnung des Körpers, auf welchen der Maßstab verzeichnet ist, in Rechnung bringt. Am besten und einfachsten wird es sein, den Maßstab unmittelbar auf die Glasröhre zu zeichnen. Diese Einrichtung hat nur den Nachtheil, daß beim Zerbrechen der Glasröhre der mühsam gearbeitete Maßstab zugleich mit zerstört wird, während man, sobald der Maßstab auf einen andern Körper verzeichnet ist, ihn auch für jede neue Röhre gebrauchen kann. Ein anderes Bedenken gegen die Zeichnung des Maßstabes auf die Röhre ist, daß die Eintheilung füglich vor der Füllung der Röhre geschehen muß, und daß sich dann nach dem Einfüllen des Queckſilbers das Glas vermöge seiner Elasticität durch den Druck des Queckſilbers ausdehnt, die Theilung also unrichtig wird. Doch ließe sich diesem Uebelstande wohl zuvorkommen. Jedenfalls muß man die Ausdehnung des Körpers, auf welchen man den Maßstab zeichnet, genau kennen, es ist daher durchaus unstatthaft, papierene oder beinerne Maßstäbe zu wählen. Will man irgend genaue Bestimmungen haben, so muß der Maßstab mit einem Nonius versehen sein, welcher $1/50$ Lin. oder $1/20$ Millimeter angiebt. — Um die absolute Länge der von der atmosphärischen Luft getragenen Queckſilbersäule zu messen, muß man mit Hülfe des Maßstabes den Abstand des Niveau's des Queckſilbers im langen Schenkel von dem Niveau des Queckſilbers im Gefäß oder in dem kürzern Schenkel beim Heberbarometer bestimmen. Im Gefäßbarometer hat das Queckſilber im Gefäß eine bei Weitem größere Oberfläche als das in der Röhre; das wenige Queckſilber, was beim Fallen der Säule aus der Röhre ausläuft, breitet sich auf dieser weiten Oberfläche des Gefäßes aus und bewirkt daher eine nur sehr unbedeutende Erhöhung desselben; ebenso das Steigen der Säule nur mit unbedeutender Erniedrigung des Niveau's im Gefäße verbunden. Daher pflegt man bei Gefäßbarometern, wenn es nicht auf große Genauigkeit ankommt, dieses Steigen und Fallen des Queckſilbers im Gefäße vernachlässigen, und den Stand desselben im Gefäß als sich gleich bleibend anzunehmen, und nur oben am Gipfel der Queckſilberröhre einen abgekürzten Maßstab anbringen, dessen Theilpunkte den Abstand von dem (als Nullpunkt) constant angenommenen Niveau des Queckſilbers im Gefäß angeben. Es ist jedoch nöthig, um sich stets überzeugen zu können, daß das Niveau im Gefäße keine Veränderung erlitten, Merkzeichen (einen Strich oder einen von oben herabreichenden spitzigen Stift) anbringen, welches die normale Höhe des Queckſilbers im Gefäße und den Nullpunkt des Maßstabes bezeichnet. Bei manchen Barometern, z. B. bei den später

näher zu erwähnenden von Gödeking, sowie bei denjenigen Barometern, welche in Paris unter dem Namen Genfer verkauft werden, hat das Gefäß eine den Normalstand bezeichnende, durch eine Schraube oder einen Stöpsel verschließbare Oeffnung. Diese Instrumente sind zum Transport eingerichtet. Das Gefäß wird vor dem Gebrauch des Instruments mit Queckſilber gefüllt, hernach wird, ehe man die Beobachtungen beginnt, die Oeffnung aufgeſchloſſen, das überflüſſige Queckſilber fließt aus und das Niveau des Gefäßes ſtellt ſich auf den Normalpunkt. Diese Einrichtung hat aber den Mangel, daß, wenn man die Queckſilberſäule oscillire läßt, zu viel Queckſilber ausläuft, daß die Herſtellung des Niveau's mühſam und daß das Auslaufen des Queckſilbers Nachtheile und Unannehmlichkeiten mit ſich führt. Beſſer ſind die Barometer, bei denen der Boden des Gefäßes gehoben oder geſenkt werden kann, um das Niveau im Gefäß zu reguliren. Man könnte auch den Nullpunkt des Maßſtabes an der Röhre ſelbſt bezeichnen und dieſe zum Verſchieben einrichten, ſo daß ſie immer bis zu dieſem Punkte in das Gefäß eingeſenkt würde. Bei Heberbarometern iſt, wenn der kürzere Schenkel genau dieſelbe Weite hat wie der längere, das Steigen und Fallen des Queckſilbers im langen Schenkel genau ebenſo groß als das Fallen und Steigen im kurzen Schenkel. Fällt das Queckſilber im langen Schenkel, z. B. um eine Linie, ſo ſteigt es im kurzen um eine Linie, die ganze getragene Säule iſt alſo um 2 Linien kürzer geworden. Bei einem ſolchen Inſtrumente braucht man alſo nur zu beobachten, um wie viel das Niveau im langen Schenkel ſich verändert hat, die beobachtete Länge doppelt zu nehmen und das gefundene Reſultat von der früheren Länge der Säule abzuziehen, wenn Fallen eintrat, dagegen es zu derſelben zu addiren, wenn Steigen erfolgt. Die Schwierigkeit, beide Schenkel genau gleich weit zu erhalten, und die fortwährend in der Luft ſich ereignenden Temperaturwechſel (vergl. d. Folg.) machen aber dieſes Verfahren ungenau und daher muß man zum Zwecke ſorgfältiger Beobachtungen ſtets die Höhe des Niveau's in beiden Schenkeln berückſichtigen. Zu dieſem Zwecke bringt man entweder an beiden Schenkeln Maßſtäbe an oder richtet den Maßſtab, welcher ſo lang ſein muß, wie die getragene Queckſilberſäule möglicherweiſe werden kann, zum Herauf- und Herunterſchrauben ein, ſo daß vor jeder Beobachtung derſelbe mit ihrem Nullpunkte erſt auf das Niveau des Queckſilbers im kurzen Schenkel eingeſtellt und hernach neben dem oberen Niveau auf dem Maßſtabe die ganze Länge der Säule (der Barometerſtand) direct abgeleſen wird. Noch größere Vorzüge aber hat die Einrichtung, wo der gleichfalls am ganzen Inſtrumente herumgehende Maßſtab ſeinen Nullpunkt in der Mitte hat und aufwärts von demſelben ſowie abwärts gehörig eingetheilt iſt. An dieſem Maßſtabe beobachtet man erſt den Abſtand vom Nullpunkte des Niveau's im kurzen Schenkel, dann den Abſtand des Niveau's im langen Schenkel, addirt beide Angaben und hat nun die abſolute Länge der getragenen Säule.

Verſchiebbare Maßſtäbe bringt man ſo an, daß ſie in einer Nute des Brettes, auf welches die Röhre befeſtigt iſt, mit Hülfe von Zahn, Stange und Zahnrad herauf und herunter geſchoben werden können, indem man einen äußerlich angebrachten, auf der Axe des Zahnrades feſtſitzenden Knopf dreht. Ein an dem Maßſtabe in der Höhe von deſſen Nullpunkte feſtſitzender beweglicher Zeiger, der an dem Glasrohre ſteht, wird vor dem Ableſen ſo eingeſtellt, daß das Auge, der Zeiger und der höchſte Punkt des Queckſilbers in eine Horizontalebene kommen. Dabei kann man ſich aber leicht irren; wenn man das Auge zu hoch oder zu niedrig hält

ſtellt man auch den Zeiger zu hoch oder zu niedrig und erhält dann eine falſche Ableſung. Beim Heberbarometer kann ein ähnlicher Fehler auch beim Einſtellen auf das untere Niveau vorkommen. Damit ſich nun das Auge beim Einſtellen des Maßſtabes auf die Queckſilberniveaus nicht irre, ſind beſondere Abſehen angebracht, über welche hinweg nach dem Queckſilberſpiegel zu blickend das Auge ſich in horizontaler Ebene mit letzterem befindet. Jede der beiden Abſehen beſteht aus zwei horizontal und parallel geſpannten Fäden (Haaren oder Drähten) und wird von einem von dem Maßſtabe ausgehenden Arme ſo getragen, daß ſie vor die Barometerröhre zu ſtehen kommt. Das untere Diopter muß genau auf den Nullpunkt des Maßſtabes eingerichtet ſein, das obere ſitzt am Nonius und entſpricht eben ſo genau deſſen Nullpunkte. Der Nonius iſt auf gleiche Weiſe wie der ganze Maßſtab mit Hülfe von Zahnſtange und Rad beweglich.



Man hat mit den Maßſtäben auch Mikroſkope verbunden, um den Queckſilberſtand ganz genau beſtimmen zu können. Dieſelben ſind dann verſchiebbar eingerichtet, laſſen ſich aber, nachdem ſie durch Verſchiebung ungefähr auf den richtigen Stand gebracht ſind, hernach mit Hülfe von Mikrometerſchrauben genauer einſtellen. Bei dem Breithaupt'ſchen*) Barometer geſchieht die Ableſung des Queckſilberſtandes gegen eine mattgeſchliffene, mit den Mikroſkopen zugleich verſchiebbare ine Glasplatte. Im Innern der Mikroſkope befindet ſich eine Blendung, über elche ein Faden in horizontaler Richtung gezogen iſt.

W. Weber**) hat eine Scale vorgeſchlagen, welche zugleich höchſt einfach d dabei ſo eingerichtet iſt, daß das Auge leicht die richtige Stellung gegen dieſe einnehmen und daß man eines Nonius entbehren kann, während man ch alle Vortheile deſſelben hat. Man wählt nämlich einen Streifen von dickem piegelglaſe zur Barometerſcale und foliirt dieſen auf der einen Seite ſeiner ganzen Länge und halben Breite nach ſo, daß er in zwei lange ſchmale Streifen zerällt, von denen der eine einen Spiegel bildet, der andere durchſichtig iſt. Auf der dern Seite, der Grenze des Spiegels und des durchſichtigen Glaſes gegenüber, rd mit dem Diamanten auf der Glasoberfläche die Scale aufgetragen, ſo daß e Theilſtriche zur Hälfte auf der durchſichtigen Seite liegen. Man ſtellt nun s Auge ſo vor dieſe Scale, daß, während man durch den durchſichtigen Streifen e Queckſilberkuppe des Barometers erblickt, dicht daneben im Spiegel das Bild s Auges erſcheint. Alsdann hat das Auge die richtige Stellung, ſo daß es perndiculär gegen die Scale bleibt und, weil letztere vertical ſteht, im gleichen Niau mit der Queckſilberkuppe iſt. Im Allgemeinen wird man alsdann die Queckberkuppe zwiſchen zwei Theilſtrichen der Scale erblicken und es kommt nur darf an, den Bruchtheil zu beſtimmen, um welchen die Queckſilberkuppe über dem nen oder unter dem andern Theilſtriche ſteht. Zu dieſem Zwecke beobachtet man

*) Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 41.
**) Pogg. Ann. Bd. XL. S. 27.

außer den Scalentheilen auf der nähern Glasoberfläche das entferntere Bild, was von ihnen hinter dem Spiegel erscheint. Die Theile der wirklichen und der gespiegelten Scale, mit einander verglichen, gewähren dem Auge denselben Anblick, wie die Theile eines Maßstabes, verglichen mit den Theilen seines Vernier. Weil nämlich die Theile der gespiegelten Scale an sich zwar ebenso groß sind, wie die Theile der wirklichen Scale, vom Auge aber entfernter liegen, so erscheinen sie dem Auge kleiner und es ist leicht, das Auge so weit entweder den Scalen zu nähern oder von ihnen zu entfernen, daß z. B. 21 Theile der Scale 22 Theile des Bildes immer decken, wie hoch oder niedrig auch das Auge sich befinden mag, woraus dann hervorgeht, daß das Auge immer in gleicher Entfernung von der Scale geblieben sei, nämlich 21 mal weiter als das Bild von der Scale.

Da bei Zusammenstellungen von Barometerbeobachtungen die nach irgend einem Maße gegebenen Beobachtungen häufig auf ein anderes Maß reducirt werden müssen, so ist es bequem, bei der Reduction von Par. Linien auf Millimeter und umgekehrt sich nachstehender Tabellen*) zu bedienen. Der Gebrauch derselben ist leicht einzusehen. Gesetzt, es wäre eine Beobachtung $0^m,758$ gegeben und man wollte den Werth in Linien haben, so findet man in der größeren Tafel unmittelbar bei der Zahl $0^m,758 = 336,018$ Par. Lin. Wäre gegeben der Barometerstand $= 0^m,762350$, so giebt dieselbe Tabelle für die Zahlen 762 = 337,791 und für die Zahlen 350 = 155153, also

$$0^m,762 = 337,791$$
$$0^m,000350 = 0,155153$$
$$\text{zusammen} = 337,946 \text{ Lin.}$$

Oder will man sich zugleich der kleinern Tabelle bedienen, so hat man

aus der größeren Tab. $0^m,762 = 337,791$
aus der kleineren Tab. $0^m,0003 = 0,1330$
" " " " $0^m,00005 = 0,02216$
$337,946.$

Man könnte auch mit der kleinen Tabelle allein auskommen, indem man die Werthe von $0^m,7$; $0^m,06$; $0^m,002$; $0^m,0003$; $0^m,00005$ gehörig unter einander setzte und addirte.

Will man umgekehrt Linien auf Meter reduciren, so verfährt man in folgender Art. Es gebe eine Beobachtung 336,54 Lin.; man suche den nächst kleinern Werth in der Columne Linien, er ist 336,461, und es ist nach der Tabelle

$$336,461 = 0^m,759.$$

Dieser Werth ist aber, weil $336,540 - 336,461 = 0,079$, um diese letzte Zahl zu klein. Der nächst größere Werth ist in der Tabelle 336,905, der Unterschied des nächst größern und nächst kleinern also $= 0,444$; so findet man genau den Werth von 336,54 Par. Lin. $= 0^m,759 + \frac{0,079}{0,444}$ Millim. $= 0^m,759178$

mm	Linien	mm	Linien
0,1	0,0443	0,6	0,2660
0,2	0,0887	0,7	0,3103
0,3	0,1330	0,8	0,3546
0,4	0,1773	0,9	0,3990
0,5	0,2216	1,0	0,4433

*) Aus Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 893.

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
300	132,989	355	157,370	410	181,751
301	133,432	356	157,813	411	182,194
302	133,875	357	158,256	412	182,638
303	134,319	358	158,700	413	183,081
304	134,762	359	159,143	414	183,524
305	135,205	360	159,586	415	183,968
306	135,648	361	160,030	416	184,411
307	136,092	362	160,473	417	184,854
308	136,535	363	160,916	418	185,297
309	136,978	364	161,360	419	185,741
310	137,422	365	161,803	420	186,184
311	137,865	366	162,246	421	186,627
312	138,308	367	162,689	422	187,071
313	138,751	368	163,133	423	187,514
314	139,195	369	163,576	424	187,957
315	139,638	370	164,019	425	188,401
316	140,081	371	164,463	426	188,844
317	140,525	372	164,906	427	189,287
318	140,968	373	165,349	428	189,730
319	141,411	374	165,792	429	190,174
320	141,855	375	166,235	430	190,617
321	142,298	376	166,679	431	191,060
322	142,741	377	167,122	432	191,504
323	143,184	378	167,566	433	191,947
324	143,628	379	168,009	434	192,390
325	144,071	380	168,452	435	192,833
326	144,514	381	168,896	436	193,277
327	144,958	382	169,339	437	193,720
328	145,401	383	169,782	438	194,163
329	145,844	384	170,225	439	194,607
330	146,287	385	170,669	440	195,050
331	146,731	386	171,112	441	195,493
332	147,174	387	171,555	442	195,936
333	147,617	388	171,999	443	196,380
334	148,061	389	172,442	444	196,823
335	148,504	390	172,885	445	197,266
336	148,947	391	173,329	446	197,710
337	149,391	392	173,772	447	198,153
338	149,834	393	174,215	448	198,596
339	150,277	394	174,658	449	199,040
340	150,720	395	175,102	450	199,483
341	151,164	396	175,545	451	199,926
342	151,607	397	175,988	452	200,369
343	152,050	398	176,432	453	200,813
344	152,494	399	176,875	454	201,256
345	152,937	400	177,318	455	201,699
346	153,380	401	177,761	456	202,143
347	153,824	402	178,205	457	202,586
348	154,267	403	178,648	458	203,029
349	154,710	404	179,091	459	203,473
350	155,153	405	179,535	460	203,916
351	155,597	406	179,978	461	204,359
352	156,040	407	180,421	462	204,802
353	156,483	408	180,865	463	205,246
354	156,927	409	181,308	464	205,689

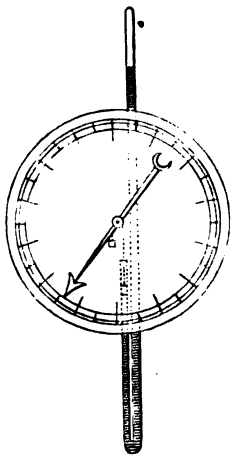
mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
465	206,132	520	230,514	575	254,895
466	206,576	521	230,957	576	255,338
467	207,019	522	231,400	577	255,781
468	207,462	523	231,844	578	256,225
469	207,905	524	232,287	579	256,668
470	208,349	525	232,730	580	257,111
471	208,792	526	233,173	581	257,555
472	209,235	527	233,617	582	257,998
473	209,679	528	234,060	583	258,441
474	210,122	529	234,503	584	258,884
475	210,565	530	234,947	585	259,328
476	211,009	531	235,390	586	259,771
477	211,452	532	235,833	587	260,214
478	211,895	533	236,276	588	260,658
479	212,338	534	236,720	589	261,101
480	212,782	535	237,163	590	261,544
481	213,225	536	237,606	591	261,988
482	213,668	537	238,050	592	262,431
483	214,112	538	238,593	593	262,874
484	214,555	539	238,936	594	263,317
485	214,998	540	239,380	595	263,761
486	215,442	541	239,823	596	264,204
487	215,885	542	240,266	597	264,647
488	216,328	543	240,709	598	265,091
489	216,771	544	241,153	599	265,531
490	217,215	545	241,596	600	265,977
491	217,658	546	242,039	601	266,421
492	218,101	547	242,483	602	266,864
493	218,545	548	242,926	603	267,307
494	218,988	549	243,369	604	267,750
495	219,431	550	243,812	605	268,194
496	219,875	551	244,259	606	268,637
497	220,318	552	244,699	607	269,080
498	220,761	553	245,142	608	269,524
499	221,204	554	245,586	609	269,967
500	221,648	555	246,029	610	270,410
501	222,091	556	246,472	611	270,853
502	222,534	557	246,916	612	271,297
503	222,978	558	247,359	613	271,740
504	223,421	559	247,802	614	272,183
505	223,864	560	248,245	615	272,627
506	224,308	561	248,689	616	273,070
507	224,751	562	249,132	617	273,513
508	225,194	563	249,575	618	273,957
509	225,637	564	250,019	619	274,400
510	226,081	565	250,462	620	274,843
511	226,524	566	250,905	621	275,286
512	226,967	567	251,348	622	275,730
513	227,411	568	251,792	623	276,173
514	227,854	569	252,235	624	276,616
515	228,297	570	252,678	625	277,060
516	228,740	571	253,122	626	277,503
517	229,184	572	253,565	627	277,946
518	229,627	573	254,008	628	278,390
519	230,070	574	254,452	629	278,833

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
630	279,276	680	301,441	730	323,606
631	279,719	681	301,884	731	324,049
632	280,163	682	302,328	732	324,492
633	280,606	683	302,771	733	324,936
634	281,049	684	303,214	734	325,379
635	281,493	685	303,657	735	325,822
636	281,936	686	304,101	736	326,265
637	282,379	687	304,544	737	326,709
638	282,822	688	304,987	738	327,152
639	283,266	689	305,430	739	327,595
640	283,709	690	305,874	740	328,039
641	284,152	691	306,317	741	328,482
642	284,596	692	306,760	742	328,925
643	285,039	693	307,204	743	329,369
644	285,482	694	307,647	744	329,812
645	285,926	695	308,090	745	330,255
646	286,369	696	308,534	746	330,698
647	286,812	697	308,977	747	331,142
648	287,255	698	309,420	748	331,585
649	287,699	699	309,864	749	332,028
650	288,142	700	310,307	750	332,472
651	288,585	701	310,750	751	332,915
652	289,029	702	311,193	752	333,358
653	289,472	703	311,637	753	333,801
654	289,915	704	312,080	754	334,245
655	290,359	705	312,523	755	334,688
656	290,802	706	312,967	756	335,131
657	291,245	707	313,410	757	335,575
658	291,688	708	313,853	758	336,018
659	292,132	709	314,297	759	336,461
660	292,575	710	314,740	760	336,905
661	293,018	711	315,183	761	337,348
662	293,462	712	315,626	762	337,791
663	293,905	713	316,070	763	338,234
664	294,348	714	316,513	764	338,678
665	294,791	715	316,956	765	339,121
666	295,235	716	317,400	766	339,564
667	295,678	717	317,843	767	340,008
668	296,121	718	318,286	768	340,451
669	296,565	719	318,729	769	340,894
670	297,008	720	319,173	770	341,337
671	297,451	721	319,616	771	341,381
672	297,895	722	320,059	772	342,224
673	298,338	723	320,503	773	342,667
674	298,781	724	320,946	774	343,111
675	299,224	725	321,389	775	343,554
676	299,668	726	321,833	776	343,997
677	300,111	727	322,276	777	344,441
678	300,554	728	322,719	778	344,884
679	300,998	729	323,162	779	345,327

Wir haben im Vorhergehenden die Regeln angegeben, nach welchem man im Allgemeinen Barometer anzufertigen hat. Es werden indeß zu verschiedenen

Zwecken dieſem Inſtrumente noch verſchiedene beſondere Einrichtungen gegeben, theils um das Barometer empfindlicher zu machen, ſo daß die Queckſilberſäule verhältnißmäßig größere Abänderungen ihrer Länge bei Veränderung des Luftdruckes erleidet, oder ſo daß auf irgend eine Art die Veränderungen der Höhe des Queckſilbers vergrößert dargeſtellt werden; theils um es transportabel zu machen, ſo daß man weniger in Gefahr iſt, durch Stöße und dadurch verurſachte Schwankungen des Queckſilbers die Glasröhre zu zertrümmern; theils um die Queckſilberſäule im Gefäße von den Veränderungen der Länge der Säule unabhängig zu machen, ſo daß man nur die Höhe des Queckſilbers in der Röhre zu berückſichtigen nöthig hat. Die lehrreichſten, ſowie die brauchbarſten und üblichſten Vorrichtungen, welche man zu Erlangung ſolcher Abſichten erfunden hat, ſind anzuführen.

Das von Hooke*) beſchriebene Radbarometer (lat. bar. cyclicum; franz. wheel bar.) iſt zu genauen Beobachtungen nicht brauchbar, wird jedoch namentlich zu oberflächlichen Wetterbeobachtungen, weil ſich die Einrichtung nicht übel ausnimmt, ungeachtet ſeiner Vergänglichkeit ziemlich häufig angewandt. Am zweckmäßigſten macht man es aus zwei weiteren Cylindern, welche durch eine gewöhnliche Barometerröhre verbunden ſind. Auf dem Queckſilber im Cylinder des kürzeren Schenkels ſchwimmt ein Gewicht mit einem Faden, welcher um die Welle eines Zeigers geſchlungen und durch ein Gegengewicht balancirt iſt, welches dem erſtern das Gleichgewicht hält. Sowie das Queckſilber ſteigt oder fällt, erhebt ſich auch oder ſinkt das auf ihm ſchwimmende Gewicht, und treibt durch den Faden vermittelſt der Welle den Zeiger herum, welcher auf einem Zifferblatte Zolle und Linien anzeigt. Man läßt gewöhnlich das ganze Werkzeug in die Wand ein, ſo daß bloß das Zifferblatt mit dem Zeiger wie das einer Uhr ſichtbar iſt. Der Zeiger muß ſehr genau balancirt ſein, damit ſein eigenes Gewicht ohne Einfluß auf ſeine Stellung bleibt. Auch muß die Reibung ſeiner Zapfen möglichſt gering ſein. Das Inſtrument iſt zwar ſehr empfindlich, da es indeß bloß nach einem andern richtigen Barometer durch vergleichende Beobachtungen regulirt werden kann und ſowohl auf das Gewicht als auf den Faden die Feuchtigkeit Einfluß hat, ſo iſt es überall, wo es auf genaue und längere Zeit fortzuſetzende Beobachtungen ankommt, nicht zu gebrauchen.



Aehnlich iſt das Zifferblatt-Barometer (franz. bar. à cadran) von Jecker**) eingerichtet. Fig. I. S. 673 ſtellt daſſelbe dar. Auf dem Queckſilber in der kürzeren offenen Röhre befindet ſich ein eiſerner Schwimmer, welcher

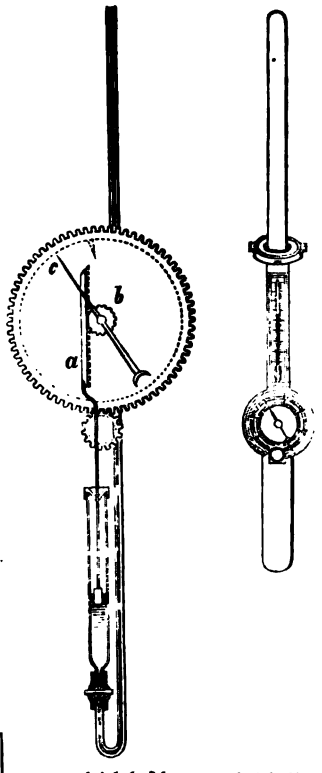
*) Micographia Tab. XLVII. Fig. 4. Phil. Trans. T. I. p. 218. — Fitzgerald's Verbeſſerung des Radbarometers. Phil. Trans. T. LI. p. 146. T. LX. p. 74.

**) S. Pouillet él. de physique. Chap. VI. No. 72.

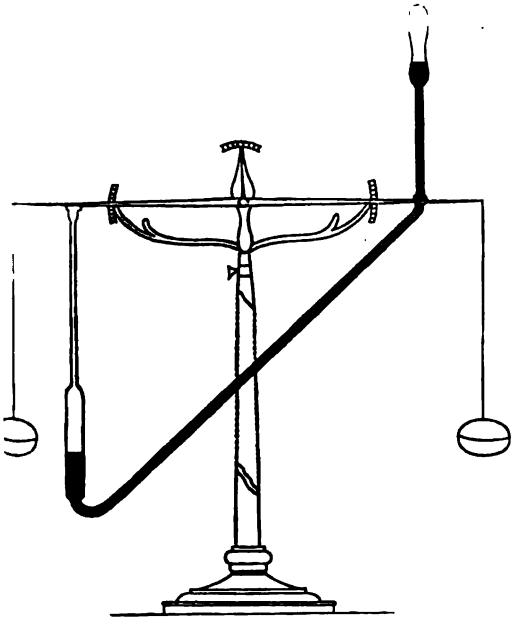
eine feine gezahnte Stange a trägt, die in die Zähne des Zahnrades b eingreift, deſſen ſehr bewegliche Axe den Zeiger c trägt. Das Zifferblatt wird ſo eingetheilt, daß man aus der Stellung des Zeigers die wahre Länge der Queckſilberſäule erkennt. Die Glastheile des Inſtruments werden durch eine hölzerne Hülſe (Kapſel) verwahrt. Erhält daſſelbe dann die gehörige Aufhängung wie Bohnenberger's Globus mit freier Axe (ſ. d. Art.), ſo hat man das Schiffsbarometer (franz. bar. marin), welches trotz der Schwankungen des Schiffes brauchbare Beobachtungen an Bord giebt. Fig. II.

Sehr empfindlich iſt Prony's *) Barometer an einem Wagebalken, allein zu ſehr zuſammengeſetzt, um Anwendung zu finden. Bei ungleichem Stande des Queckſilbers in den beiden Armen werden die Arme des Wagebalkens

I. II.



III.



ungleich beſchwert, wie die Betrachtung der Figur III. lehrt.

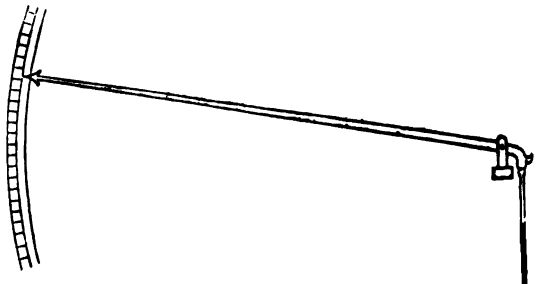
Morland's **) Barometer beſteht aus einem zweiarmigen Hebel Fig. I. S. 674, an deſſen kürzerem Arme die Barometerröhre hängt. Es iſt ein Gefäßbarometer. Das Gefäß muß wie der Unterſtützungspunkt des Hebels befeſtigt ſein. Die Scale muß nach einem andern richtigen Barometer regulirt werden.

Zu deutlicherer Darſtellung der Veränderungen des Queckſilberſtandes ſind ihr geeignet Morland's ***) unter einem ſchiefen Winkel gebogenes und Ver-

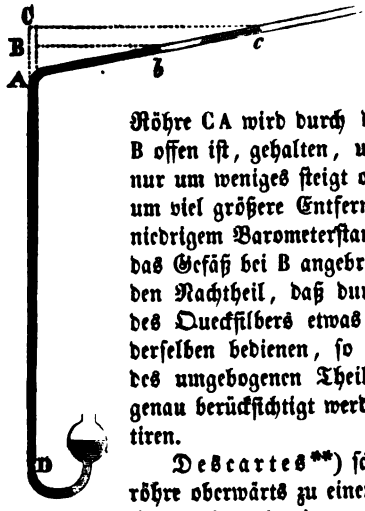
*) Bulletin des Sciences Ann. VII. p. 176. Gilb. Ann. Bd. II. S. 311.
**) Hutton Dict. T. I. p. 207.
***) Ramazzini opp. Lond. 1718. 4. p. 213. Gilb. Ann. Bd. II. S. 334.

noulli's unter einem rechten Winkel gebogenes Barometer. Das erstere ist Fig. II. abgebildet, und man ersieht aus der Zeichnung, daß, wenn bei einer geraden Barometerröhre DC das Queckſilber um BC ſteigt, es in der bei A umgebogenen Barometerröhre um die viel

I.



II.



IV.

größere Entfernung bc ſteigen müſſe. Aehnlich verhält es ſich mit Johann Bernoulli's*) rechtwinklig gebogenem Barometer, welches Fig. III. darſtellt. Das Queckſilber in der Röhre CA wird durch den Luftdruck, indem die Röhre bei B offen iſt, gehalten, und während ſie in dem Gefäße bei A nur um weniges ſteigt oder fällt, wird ſie in der Röhre DC um viel größere Entfernungen abweichen. Damit bei ſehr niedrigem Barometerſtande das Queckſilber nicht abfließe, iſt das Gefäß bei B angebracht. Dieſe beiden Barometer haben den Nachtheil, daß durch die Umbiegung die Bewegungen des Queckſilbers etwas gehindert werden. Will man ſich derſelben bedienen, ſo muß beim Aufhängen die Neigung des umgebogenen Theiles der Röhre gegen den Horizont genau berückſichtigt werden. Sie ſind ſchwer zu transportiren.

III.

Descartes**) ſchlug vor (ſ. Fig. IV.), die Barometerröhre oberwärts zu einem Cylinder zu erweitern, dieſen Cylinder wieder in eine engere Röhre auslaufen zu laſſen und auf das Queckſilber eine leichtere Flüſſigkeit, Waſſer oder Weingeiſt, zu füllen, ſo daß A das Gefäß, MN der Cylinder, Aa die Queckſilberſäule, aC die Weingeiſtſäule wäre. Hebt ſich dann das Queckſilber bei a nur um ein Weniges, ſo verdrängt es eine Quantität Weingeiſt aus MN und bewirkt eine vermehrte Hebung des Weingeiſtes bei C. Dieſe Einrichtung iſt aber, abgeſehen von andern

Mängeln, ſchon deswegen unbrauchbar, weil offenbar, wenn die Röhre bei C nicht viel enger wäre als die Röhre bei a, die Erhebung bei C nur ungefähr ebenſo viel betragen würde als die des Queckſil

*) Hermann Phoronomie. Amst. 1716. 4.
**) Pascal traité de l'équilibre. Par. 1663. p. 207.

I.

II.

III.

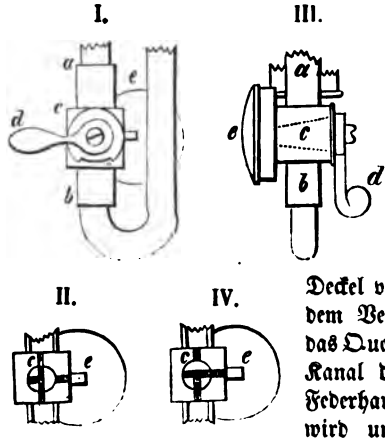
bers bei a. Huyghens *) gründete aber auf dieses mangelhafte sein neuerdings wieder von Muncke sehr empfohlenes Doppelbarometer. Dasselbe besteht aus einer heberförmig gebogenen Glasröhre MbR, Fig. I., welche bei QP und MN mit cylindrischen Erweiterungen versehen ist. Von y bis x ist sie mit Quecksilber gefüllt, von y aufwärts mit gefärbtem Weingeist oder mit gefärbtem Wasser, mit $^1/_8$ Scheidewasser gemischt. Das letztere verdunstet weniger schnell. Wenn das Quecksilber bei x sinkt, so steigt es bei y und verdrängt eine Quantität Weingeist aus PQ, welche in de ein um so größeres Steigen bewirkt, je kleiner der innere Durchmesser der Röhre de im Vergleich mit dem Durchmesser des Cylinders PQ ist. G. G. Schmidt **) hat das Instrument sorgfältig beobachtet und berechnet. Dasselbe soll so empfindlich sein, daß jeder heftige Windstoß durch Schwankungen der Weingeistsäule markirt wird. Es scheint sich daher besonders zu meteorologischen Beobachtungen zu eignen. Die Scale wird am besten nach einem guten Quecksilberbarometer zu reguliren sein. Um die Verdunstung des Weingeistes zu vermindern, kann man die Röhre bei e in eine Spitze mit feiner Oeffnung ausgehen lassen. Wenig empfehlenswerth ist die Abänderung, welche Hooke ***) diesem Instrumente gab. Er brachte noch einen dritten Cylinder an Fig. II. Das Barometer enthält Quecksilber von x bis y, eine Salzauflösung von y bis z und Oel von z bis t. Wenn nun das Quecksilber in der Röhre MN ein Millimeter fällt, so wird es in PQ ein Millimeter steigen, ebenso auch das Oel in RS; aber der Punkt z (kenntlich durch die verschiedene Färbung der sich in ihm berührenden Flüssigkeiten) steigt um 1 Millimeter multiplicirt mit der Zahl, welche angiebt, wieviel mal der Durchschnitt des Cylinders PQ größer ist als der der Röhre de.

Bei Reisebarometern (franz. baromètre portatif; engl. portable barometer) ist die Hauptsache die möglichste Befestigung des Quecksilbers, damit nicht durch Schwankungen desselben die Glasröhre zerbrochen werde. Wollte man die Quecksilbersäule in der Glasröhre unmittelbar festschrauben, so würde man zwar das Zerschellen der Glasröhre durch Schwankungen unmöglich machen, dafür würde aber, wenn sich das Quecksilber durch eine Temperaturerhöhung ausdehnte, die Glasröhre zerspringen. Mehrere Physiker und Mechaniker haben, um diesem Uebelstande abzuhelfen, verschiedene Vorkehrungen ersonnen. Gewöhnlich bedient man sich zu Höhenmessungen des von Deluc empfohlenen Heberbarometers. Nach Deluc ****) wird

r kürzere Schenkel B nahe über der Krümmung abgeschnitten und durch eine ulle mnop mit einem Guerike'schen Hahne ac getrennt, so daß dieser, nach-

*) Hugenii opp. var. ed. s'Gravesande. L. B. 1724. 4. T. I. p. 278.
**) Gilb. Ann. Bd. XIV. S. 213.
***) Phil. Trans. N. 185. Philos. and exper. observations of Dr. Hooke. p. 170.
****) Recherches sur les Mod. de l'Atm. T. II. §. 464.

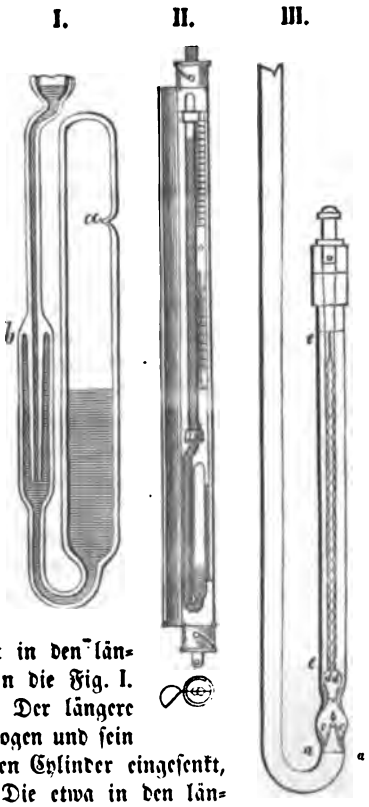
dem man das Barometer geneigt hat, um das sämmtliche Queckſilber bis auf eine unbedeutende Kleinigkeit in den längeren Schenkel zu bringen, nach dem Umdrehen alle Gemeinſchaft deſſelben mit dem kürzeren Schenkel abſchneidet. Delu[illegible] machte die Hülſe aus einem Kork, den Hahn aus hartem Holze, Elfenbein oder Narwalszahn, Andere verfertigten beides aus Holz oder Elfenbein oder zum noch ſicherern Verſchließen aus Eiſen. Derartige Inſtrumente haben den Nachtheil, daß ſie bei nicht vollkommner Verſchließung Queckſilber durchlaſſen oder bei vollkommner Verſchließung, ſobald die Wärme das Queckſilber ausdehnt, ſpringen. Eine Vorkehrung, welche dieſen Uebelſtand aufhebt, hat der Mechanikus Loos erfunden. Mit dem eiſernen Hahn, welcher wie oben beſchrieben zum Verſchließen der Röhre dient, ſetzt er eine meſſingene inwendig überfirnißte Kapſel mit einem gewölbten Deckel von Federharz ſo in Verbindung, daß nach dem Verſchließen des (doppelt durchbohrten) Hahns das Queckſilber in dem längeren Schenkel durch einen Kanal den Zugang in dieſelbe erhält. Da das Federharz ebenfalls durch die Wärme ausdehnbar wird und bekanntlich ſehr elaſtiſch iſt, ſo ſichert ſie das Inſtrument bei Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme vor dem Zerſpringen. Die nähere Einrichtung des Hahns zeigen die Fig. I. — IV. e iſt der Deckel von Federharz. Fig. I. und II. zeigen die Stellung des Hahns, bei welcher beide Schenkel mit einander communiciren, Fig. III. und IV. diejenige Stellung, bei welcher die Communication aufgehoben iſt.



Eine andere Vorrichtung, um die, namentlich auf der See fortwährenden, ſtarken Schwankungen geringer und unſchädlich zu machen, iſt die von Nairne *) erfundene. Er fügte dem oberen weiten Theile der Röhre unterhalb der Mitte eine enge von etwa 0,1 Z. Weite an und ſenkte dieſe in das Queckſilber. Bei dieſer Einrichtung des Barometers kann nur wenig Queckſilber auf einmal aus der engen Röhre in die weite kommen, wodurch die Schwankungen ſchwächer werden. (S. d. Folg.) Mit einer ähnlichen Vorrichtung iſt das Heberbarometer Gay-Luſſac's verſehen, welches von Muncke **), wie folgt, beſchrieben iſt. Es wird nur ein gewöhnliches Heberbarometer verfertigt, indem man, um gleiches Caliber zu erhalten, das oben abgeſchnittene Ende der Röhre für den kürzeren Schenkel anſchmelzt, beide Schenkel aber durch ein weites Haarröhrchen verbindet. Bei der Verfertigung bleibt der kürzere Schenkel offen und die ganze Röhre gerade, außer derjenigen Biegung, durch welche die Axen beider Schenkel in eine gerade Linie kommen, damit beim Aufhängen die Fallinie mit dieſer zuſammenfällt und hier-

*) Voy. to the North Pole. p. 123.
**) Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. I. S. 777.

nach das Barometer lothrecht hängt. Um das Auskochen zu erleichtern, wird ein feiner Eisendraht durch die Oeffnung des unteren Schenkels bis ans Ende des Haarröhrchens geschoben und erst nach dem Auskochen das Haarröhrchen in die gehörige Form gebogen, das obere Ende des kurzen Schenkels zugeschmolzen, dann das sehr feine Löchelchen a, welches in der Figur angedeutet ist, in den kürzeren Schenkel gemacht, damit die Luft hierdurch Zutritt erhalte, ohne daß Quecksilber herausfließen kann. Soll das Barometer auch in der horizontalen Lage bis zum Anfange des kurzen Schenkels mit Quecksilber gefüllt sein, so wird etwas ausgekochtes Queckſilber durch das feine Löchelchen vermittelst der Erhitzung und Ausdehnung der Luft im kurzen Schenkel nachgefüllt.



Die Oeffnung bei a ist so klein, daß man das Instrument umdrehen kann, ohne daß Queckſilber ausläuft. Damit, wenn man das Barometer aus der umgekehrten Lage wieder zur Beobachtung umkehrt, keine Luft in den längeren Schenkel eintreten kann, hat Bunten die Fig. I. abgebildete sinnreiche Anordnung getroffen. Der längere Schenkel ist, wie man sieht kegelförmig, ausgezogen und sein zugespitztes Ende ist 2 bis 3 Zoll tief in einen Cylinder eingesenkt, welcher äußerlich an ihn angeschmolzen ist. Die etwa in den längeren Schenkel eintretende Luft sammelt sich unter der Höhlung bei b. Da der offene und der geschlossene Schenkel des Gay-Luſſac'schen Barometers gleichen Durchmesser haben, so ist keine Correction wegen der Capillarität (s. d. Artikel) nöthig. Die Barometerröhre ist mit einer von den Scalen versehen, wie S. 666 für Heberbarometer angegeben wurden, und in eine Hülse von Holz befestigt, welche geschlossen einen Stab bildet und sehr bequem zum Transport ist. S. Figur II.

Eine weitere Verbesserung des Bunten'schen Barometers ist das von Greiner*) hergestellte Instrument, dessen kürzeren Schenkel Fig. III. darstellt. Die inneren Wände der langen und kurzen Röhre laufen nicht ununterbrochen fort, sondern der kürzere Schenkel ist mit dem längeren durch den künstlichen Glasverband aa verbunden. Dieser Glasverband wird dadurch hervorgebracht, daß man den in den abgekürzten Hohlkegel bb ausgezogenen längeren Schenkel von 32 Zoll mit dem in eine elliptische Hohlkugel cc ausgezogenen kürzeren Schenkel an der Basis dieses Hohlkegels bb zusammenschmelzt. Durch diesen abgekürzten Hohl-

*) J. G. Greiner, über einen neuen Verschluß von Heberbarometern, in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. 1835. S. 167. S. Dove's Repert. Bd. I. S. 36.

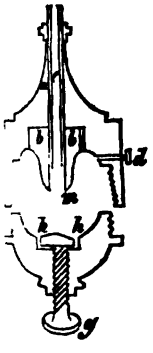
kegel bb, deſſen obere Oeffnung etwa eine Pariſer Linie beträgt, ſtrömt das Queckſilber aus und ein, füllt und entladet den längeren Schenkel, je nach dem Drucke der Luft bei unverſchloſſenem Barometer, und füllt ihn ganz, wenn das Barometer zum Transport verſchloſſen werden ſoll. Zum Verſchließen des Barometers oder Abſchließen des Queckſilbers in der elliptiſchen Hohlkugel cc, welche gegen $1^1/_2$ pr. Loth Queckſilber enthält, dient ein Kork dd, durch welchen eine ſtarke Thermometerröhre ee geht, deren Oeffnung eine halbe Pariſer Linie im Durchmeſſer beträgt, und die in mehrere elliptiſche Hohlkugeln ausgeblaſen iſt. Dieſe können, da ſie mit Luft gefüllt ſind, dazu dienen, die Ausdehnung des Queckſilbers bei verſchloſſenem Barometer zu geſtatten, indem das Queckſilber dieſelben erfüllt. Der Kegel von Kork dd iſt am Ende der Barometerröhre ee ſo befeſtigt, daß letztere um $^1/_8$ Zoll aus dem Korkkegel hervorragt. Wird nun dieſer Korkverſchluß in die Barometerröhre eingeſchoben, ſo tritt das Queckſilber in die elliptiſchen Höhlungen der Thermometerröhre und nicht zwiſchen Glasröhre und Kork. Jetzt kann das Queckſilber ſich nach jeder Temperatur der Luft ausdehnen oder zuſammenziehen, und ſelbſt bei Temperaturdifferenzen von 30 bis 40 Grad wird die Barometerröhre luftfrei bleiben.

Lefranc*) hat ein Barometer beſchrieben, welches den Vorzug des Bunten'ſchen Inſtrumentes mit einer leichter herzuſtellenden und dauerhafteren Conſtruction verbindet. Die nebenſtehende Figur zeigt einen Durchſchnitt des unteren Theiles des Heberbarometers. Die Röhre a iſt wie gewöhnlich heberförmig gebogen und der kurze Schenkel b endigt nahe über dem Buge in einer coniſchen, höchſtens noch 1^{mm} Oeffnung darbietenden Spitze. Darüber wird ein guter, etwas coniſcher Kork ſo geſteckt, daß die Spitze 8 bis 10^{mm} über denſelben herausragt. Auf dieſem Kork ſteckt eine Glasröhre c, von der Weite und Beſchaffenheit des langen Schenkels, welche unten etwas coniſch erweitert, mit einem verdickten Rande verſehen und etwas darüber zu einer Verengerung e ausgezogen iſt. Nachdem man die Hauptröhre gefüllt und gut ausgekocht hat, ſo daß ſie faſt bis zur feinen Oeffnung des kurzen Schenkels voll Queckſilber iſt, — was keine Schwierigkeit in der Ausführung darbietet, — ſteckt man den Kork auf und auf dieſen die Röhre c, umwickelt den Kork und die darunter und darüber befindlichen Röhrentheile mit einem Streifen mit Leimwaſſer beſtrichener Blaſe, umbindet dieſe mit einem Faden und richtet das Inſtrument auf, worauf ſich das Queckſilber in die Röhre c ergießt. Es wird ſo viel nachgegoſſen, daß bei Neigung des Inſtruments das Queckſilber bis e ſteht. Man thut wohl, den Kork d bei Herſtellung der Verbindung der beiden Röhren auf eine feſte Unterlage aufzuſetzen, damit man nicht Gefahr laufe, durch das Eindrücken des Stöpſels in e beim Verſchluß die Röhre im unteren Knie abzubrechen. Außer dem Hauptvorzuge, der Luft keinen Zutritt zur Torricelli'ſchen Leere zu geſtatten, hat dieſes Barometer auch noch den, bei ſchnellem

*) Annales des ponts et chaussées. 1846. V. semestre. p. 316. — Pogg. Ann. Bd. LXXIV. S. 462.

Neigen nicht dem Zerschlagenwerden ausgesetzt zu sein, weil das Queckſilber durch die Oeffnung nur langſam nachtritt und deshalb niemals ein ſehr heftiges Anſchlagen ſtattfindet.

Eine ſehr einfache Vorrichtung, ſowohl Heberbarometer, als auch Flaſchenbarometer zu verſchließen, hat Roſenthal*) nach Schiavetto's Angabe in Vorſchlag gebracht. Beim Flaſchenbarometer nämlich verengert ſich das Rohr da, wo es an die Kapſel geſchmolzen iſt, von ſelbſt, beim Heberbarometer aber wird der kürzere Schenkel da, wo ſich die Biegung endigt, etwas verengert. Alsdann befeſtigt man an einen dünnen Stab Fiſchbein von der Länge des kürzeren Schenkels nach Schiavetto einen Kork, neigt das Barometer ſo, daß das Queckſilber den längeren Schenkel ganz füllt, und drückt den Kork vermittelſt des Fiſchbeinſtäbchens feſt in die Verengerung der Röhre. Noch zweckmäßiger wird dieſe Vorrichtung nach Horner, wenn man ſtatt des ſelten ganz rein, hinlänglich elaſtiſch und ſtark zu erhaltenden Korkes etwas Federharz um das untere Ende des Fiſchbeinſtabes legt und zur Verhütung eines zu ſtarken Anklebens mit Seide umwickelt, an dem oberen Ende des Fiſchbeins aber einen für die Weite der Röhre geeigneten Wiſcher von Baumwolle anbringt, das obere Ende des kürzeren Schenkels mit einer Faſſung und einem aufzuſchraubenden Deckel verſieht und die herabgedrückte Fiſchbeinſtange auf dieſe Weiſe feſtſchraubt. Dieſer Apparat, welcher ſehr zweckmäßig mit dem von Gay-Luſſac angegebenen Barometer verbunden werden kann, gewährt den Vortheil des ſicheren Verſchließens ohne Gefahr für die Barometerröhre, indem das ausgedehnte Queckſilber den verſchließenden Kegel um die erforderliche Kleinigkeit zuſammendrücken oder zurückſchieben würde, während die elaſtiſche durch den oberen Deckel geſpannte Fiſchbeinſtange denſelben ſtets wieder gegen die Verengerung drückt. Außerdem kann man den kürzeren Schenkel wiederholt von Feuchtigkeit und Schmutz reinigen, welche auch durch das feinſte Löchelchen dringen. Das Nachfüllen des Queckſilbers in den kürzeren Schenkel und die ganze Verfertigung des Barometers iſt ungleich leichter als nach Gay-Luſſac und es werden alle Schwankungen der Queckſilberſäule vermieden, welche auf rauhen und ſonſtigen Bergwegen, der engen Verbindungsröhre beider Schenkel ungeachtet, leicht gefährlich werden können. Gegen dieſe Conſtruction des Heberbarometers iſt nichts zu erinnern, als daß das enge Röhrchen die freie Bewegung des Queckſilbers bedeutend hindert.

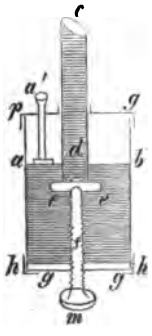


Sehr zweckmäßig iſt die Einrichtung desjenigen Reiſebarometers, welches Göbeking**) angegeben hat, und das ſich auch ſehr ſicher transportiren läßt. Das Gefäß beſteht aus trocknem hartem Holze, in welches die Glasröhre c eingekittet iſt. An ihrem unteren Ende wird ſie durch das in das Holz eingelaſſene, bei m ſchräg, aber nicht ſehr ſcharf zulaufende Stück Elfenbein bb geſteckt, ſo daß ſie etwa 1 bis 2 Lin. höher ſteht, als das Ende deſſelben, und gleichfalls feſt gekittet, nachdem ſie ausgekocht iſt. Man kehrt ſie dann um, gießt einige Tropfen Queck-

*) Beiträge zur Verfertigung meteorol. Werkzeuge S. 30. Gehler N. A. Bd. I. S. 778.

**) Scherer's Journ. Bd. II. S. 94. — Gilb. Ann. Bd. VI. S. 324. — Gehler a. a. O.

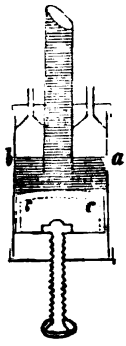
ſilber ſo auf, daß das elfenbeinerne Stück gleichfalls voll iſt, ſchraubt den untern Theil des Gefäßes feſt, und indem man die Schraube g mit der eiſernen, ſtark überpolſterten Platte h h feſt gegen die ſcharfen Kanten des Elfenbeins ſchraubt, iſt das Queckſilber in der Röhre feſtgeſperrt. Soll aber die Queckſilberſäule oscilliren, ſo darf man nur das Barometer umkehren, nach dem Herausziehen des Stöpſels bei d das Gefäß mit Queckſilber füllen, die Schraube g öffnen und die Beobachtung anſtellen. Der Stöpſel d wird geöffnet, damit das überflüſſige Queckſilber bis zur Herſtellung des Niveau's ablaufe. Hierin liegt indeß ein auffallender Mangel der übrigens vortrefflichen Einrichtung, denn man darf offenbar das Barometer nicht oscilliren laſſen, weil ſonſt zu viel Queckſilber ausläuft, und überhaupt iſt dieſe An der Herſtellung des Niveau's mühſam und wegen des auslaufenden Queckſilbers beſchwerlich. Beſſer iſt es daher, zur Beobachtung des Niveau's im Gefäße dieſes nach Maigné *) von Glas zu machen. Indeß iſt auch das von dieſem angegebene Gefäß zu künſtlich. Einfacher dagegen iſt die Einrichtung, wenn das Queckſilber in der unten mattgeſchliffenen Barometerröhre, nachdem man das Barometer umgekehrt hat, vermittelſt des an einer Schraube beweglichen Polſters feſtgedrückt wird. Die Barometerröhre cd wird nämlich in die Oeffnung der oberen Faſſung pg des gläſernen Cylinders ab ſo eingekittet oder geleimt, daß ſie genau bis in die Mitte deſſelben reicht, um bei jeder Lage des Barometers unter dem Niveau des Queckſilbers im Gefäße zu bleiben, welches daſſelbe bis etwas über die Hälfte ausfüllt. Um dann zu jeder Zeit ohne Mühe das Gefäß öffnen zu können, wird ein hölzerner, mit einem ledernen Kranze belegter Deckel gg auf das untere mattgeſchliffene Ende des Cylinders gepaßt und vermittelſt der in der Mitte durchbohrten Kapſel h feſtgeſchroben. In der hölzernen Scheibe iſt die eiſerne Schraube f mit dem Knopfe m beweglich, welche oben eine eiſerne, lo aufgenietete Platte e e und ein darüber befeſtigtes ledernes Po ſter trägt. Hat man das Barometer umgekehrt und einig Male auf den Knopf m loſe geklopft, damit etwaige Luftblaſe entweichen, ſo wird das Polſter feſt gegen die Röhre geſchroben und ſomit da Queckſilber in derſelben geſperrt, wobei das Leder durch öfteren Gebrauch allmäli ſo von Queckſilber durchdrungen wird, daß auch beim längſten Transporte und be heftiger Erſchütterung keine Luft in die Röhre dringt, indem das Leder vermö ſeiner Elaſticität ſo viel nachgiebt, als die Ausdehnung des Queckſilbers durch Wärm beträgt oder das Metall durch ſeine Poren entweichen läßt. Die hölzerne Plat gg darf übrigens nicht zu dünn ſein, damit kein Queckſilber neben den Schraube gängen entweicht. Ein kleines elfenbeinernes, etwas kegelförmiges Stäbchen, we ches durch die elfenbeinerne Platte s vom Queckſilber im Gefäße in die Höhe geh ben wird, dient dazu, Luft in das Gefäß zu laſſen, zugleich auch, um das Nive des Queckſilbers im Gefäß durch eine kleine oben angebrachte Linie a' genau z bezeichnen **).



Ein ſehr einfaches Gefäß iſt dasjenige, welches der Mechanikus Loos *** früher ſeinen Barometern zu geben pflegte (Fig I. S. 681). In einem gläſern

*) Ann. de Chim. T. XLVII. p. 213. Gilb. Ann. Bd. XV. S. 463.
**) S. Gehler N. A. Bd. I. S. 781.
***) Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 383.

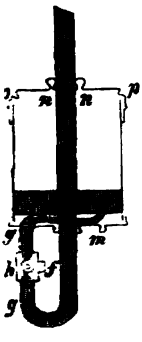
I.



Cylinder ab wird das Queckſilber vermittelſt eines mit Leder überzogenen und oben gepolſterten Korkes cc beim Verſchließen ſo hoch geſchroben, daß das Gefäß ganz voll iſt, beim Beobachten aber bis zu der beſtimmten Höhe des Niveau's herabgelaſſen. Die Oeffnung der Röhre iſt ſtets unter Queckſilber und es kann alſo keine Luft eindringen. Der Mechanismus iſt der von Hamilton vorgeſchlagene, mit dem Unterſchiede, daß der Kork hier mit Leder überzogen und oben gepolſtert, auch nicht für die Luft durchdringlich ſein ſoll, wie jener unrichtig vorausſetzte; auch erlaubt das gläſerne Gefäß ſtatt des elfenbeinernen, den Stand des Queckſilbers in demſelben zu beobachten.

Große Bequemlichkeit gewährt das von Englefield *) vorgeſchlagene Barometer. Daſſelbe iſt in einen in drei Füße zerlegbaren Stock eingeſchloſſen und wird, wenn dieſer als Stativ aufgeſtellt iſt, ſo aufgehängt, daß es durch ſein eigenes Gewicht die lothrechte Richtung annimmt. Das Gefäß beſteht aus Buchsbaumholz, iſt ganz verſchloſſen und ſo voll Queckſilber, daß die Oeffnung der Röhre ſtets von demſelben bedeckt bleibt und daher keine Luft in dieſelbe dringen kann. Indeß erfüllt es den Zweck eines Reiſebarometers nicht, indem das Queckſilber nicht feſt geſperrt iſt und daher beim ſchnellen Umdrehen gegen das verſchloſſene Ende der Röhre ſchlagen und dieſe zerſchellen kann, wogegen die Form eines Stockes und die hierdurch erzielte Bedingung, das Barometer ſtets umgekehrt zu tragen, keinesweges ſichert. Außerdem ber ſchwebt die Barometerröhre zu ſehr frei zwiſchen den beiden meſſingenen Stangen und wird daher durch Erſchütterung leicht zerſplittert werden. — Auch die Gefäßbarometer hat man mittelſt Guericke'ſcher Hähne zu verſchließen verſucht. Zu erwähnen iſt die in dieſer Hinſicht von Loos **) (Mechanicus in Darmſtadt) getroffene Vorkehrung. Bei den Gefäßbarometern deſſelben Fig. II. geht die Röhre

II.



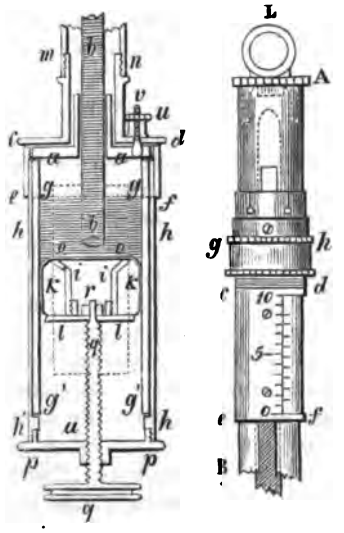
cc mitten durch das Gefäß, iſt unter demſelben ſehr nahe zuſammengebogen, und in die eiſerne Faſſung gg gekittet, deren Kanal und ſomit das Queckſilber in der Röhre durch den Hahn h abgeſchnitten wird. Auch dieſer Hahn gewährt aus der verſchloſſenen Barometerröhre eine Communication durch eine enge Röhre f in den hinter der Biegung angebrachten Behälter, aus einer meſſingenen, mit Federharz überzogenen Kapſel beſtehend, wie bei Loos' Heberbarometer. (S. S. 676.) Aus der Faſſung geht die Röhre aufwärts wieder in das Gefäß, wird hier dünner, läuft unter dem Kitt des Gefäßes hin und mündet an der gegenüberliegenden Seite des Gefäßes im Queckſilber deſſelben. Die kleine meſſingene Schraube m dient dazu, das Queckſilber, wenn es etwa beſchmutzt iſt, aus dem Gefäße zu nehmen und zu reinigen, oder auch nach Befinden etwas zuzugießen oder aus dem Gefäße wegzunehmen, der äußeren Luft über wird der erforderliche Zutritt neben dem Korke n gegeben, vermittelſt deſſen die Barometerröhre in die obere Faſſung des Gefäßes bloß eingeklemmt iſt. Auf

*) Nicholson's J. No. 55. Phil. Mag. No. 117. Gilb. Ann. Bd. XXXVIII. S. 249.

**) Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. I. S. 784.

die Schraube pp wird eine meſſingene Kapſel geſchroben, um den unteren Theil des Rohres und den Hahn gegen Verletzung zu ſchützen.

Horner *) beſchreibt ein genaues, bequemes und mit Sicherheit zu gebrauchendes Barometer, deſſen Haupttheile in der Zeichnung in etwa 0,6 ihrer natürlichen Größe dargeſtellt ſind. Die Röhre des Barometers ſteckt der Sicherheit wegen in einem hohlen, meſſingenen, mit dickem Leder ausgefüllten Cylinder, deſſen oberes Ende AB von 14 bis 29 Z. Höhe vorn und hinten durchſchnitten iſt, um durch dieſe 1,5 Lin. weite Oeffnung den Stand des Queckſilbers zu beobachten. Dieſes geſchieht, indem man die Hülſe cdef, welche den Vernier trägt, dergeſtalt ſchiebt, daß ihr unterer Rand ef eine Tangente der Wölbung des Queckſilbers bildet. Zu dem Ende erhält ſie eine mikrometriſche Bewegung durch die Ringſchraube gh, welche durch Reibung an der Meſſingröhre feſtſitzt. Der Nullpunkt des Verniers iſt des beſſeren Ableſens wegen um ein bis zwei Linien über den unteren Rand der Hülſe hinaufgeſetzt, welche Differenz bei der Anordnung der Barometerſcale berückſichtigt werden muß. Das Deckelſtück bei A iſt mit drei kleinen Schrauben feſtgeſchraubt, um den drehbaren Ring l, an welchen von innen eine Platte mit einer Schraubenmutter feſtgemacht iſt, aufzunehmen. Kleine Schrauben am Vernier ſowohl als auch in der Hülſe gh halten von innen einen Meſſingſtreifen feſt, welcher das Drehen des Verniers und des oberen Theiles der Hülſe verhindert. Die Vernierhülſe iſt bei f offen, damit man die Theilung auf der Meſſingröhre ableſen kann. Das Gefäß beſteht aus einer ſtählernen Scheibe aa mit einem Halſe, in welchem die Barometerröhre bb eingekittet iſt. Auf dieſe Scheibe iſt der gläſerne Cylinder ggg aufgeſchliffen, ſo daß er ohne Verkittung höchſtens mit einer dünnen Unterlage von geöltem Poſtpapier (oder zur Vermeidung einer Beſchmutzung des Queckſilbers durch Fett, eines feinen ledernen Ringes) luftdicht angepreßt werden kann. Letzteres wird durch den dünnen meſſingenen Cylinder hhh'h' bewerkſtelligt, welcher ſich bei c und d in das Bodenſtück mn, cd, ef einſchraubt und unten vermittelſt des angelötheten Ringes hh' den Glascylinder gegen die Fläche aa hindrückt. Der Meſſingcylinder hat auf zwei entgegengeſetzten Seiten eine längliche Oeffnung, welche in der Zeichnung durch punktirte Linien angedeutet iſt. Unten ſchraubt ſich in denſelben der Deckel pp ein, durch deſſen Mitte die Schraube qq von vierfachem Gange und ſtarker Steigung geht. Sie tritt in das äußere Bodenſtück II des Stöpſels ein, dreht ſich in demſelben frei um und wird durch Vernietung mit durch ein feſtgeſchraubtes Mütterchen r feſtgehalten. Ueber den eiſernen Cylinder ii mit breitem anſteigenden Rande iſt ein ſtarkes Leder oder Pergament oo geſpannt und unter dem Rande feſtgebunden; kk iſt ein hohler mit einer Feile genau abgedrehter



*) Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. I. S. 784.

nderer Kork, welcher ſich ſehr gedrängt in dem Glascylinder bewegen läßt. Man chlägt dann ein Stück Taffent über die Haut oo, zieht die Falten über den Kork k und ſchiebt ſie mit einer Meſſerſpitze zwiſchen den Kork und den Cylinder ii; ann wird der Boden ll nebſt der daran befindlichen Schraube qq in den eiſernen inder ii eingeſchraubt, welcher den unteren Theil des Korkes und den Taffent eckt. Durch den Ueberzug von Taffent wird die Reibung des Korkes am Glaſe eutend verringert. Die ſtählerne Platte aa iſt nahe am Rande von unten her miſch durchbohrt, der Oeffnung entſpricht eine andere im Deckel cd, ein ſtählern, in der Mitte vierkantiges, Kölbchen v geht durch dieſelbe, wird oben durch s Schräubchen u angezogen und dient als Ventil, um die Luft zuzulaſſen. Bei n wird die meſſingene Barometerhülſe mit dem Gefäße durch eine Schraube verunden. Nicht weit von dieſer Stelle iſt ſie ſo weit aufgeſchnitten, als nöthig iſt, n das feſte Thermometer dergeſtalt aufzunehmen, daß es die Barometerröhre beiihe berührt. Eine halbcylindriſche Schale von Meſſing ſchützt daſſelbe gegen Beädigung und hindert zugleich die Mittheilung der äußeren Temperatur. Das nze Barometer wird in einen hohlen Stock geſchoben, in welchem das Gefäß bei l genau eingepaßt iſt, der Stock wird in ein ledernes Futteral geſteckt, welches ch das Thermometer für die freie Luftwärme aufnimmt und vermittelſt eines lemens über die Schulter gehangen werden kann. Will man mit dieſem Baroter beobachten, ſo nimmt man daſſelbe aus dem Stocke, lüftet ein wenig den töpſel vermittelſt der Schraube qq, hängt daſſelbe in ſchräger Richtung auf, ingt es allmälig in die verticale Richtung, ſchraubt den Stöpſel ſo weit zurück, l das Queckſilber im Gefäße unterhalb des Ringes ef zum Vorſchein kommt, net das Ventil v, und beginnt die Beobachtung damit, daß man den Stöpſel ſo k hinaufſchraubt, bis beim Durchſehen durch das Gefäß zwiſchen dem Queckber und dem Rande ef nur eine feine Lichtlinie bleibt, wobei man zuweilen mit n Finger das Barometer erſchüttern muß. Hierauf verſchiebt man die Hülſe , ſtellt vermittelſt des drehbaren Ringes die untere Kante des Verniers als ugente über die Convexität der Queckſilberſäule und lieſt die Scale ab. Beim richließen zieht man zuerſt vermittelſt der Schraube u das Ventil v an, neigt l Barometer, ſchraubt unterdeß den Stöpſel aufwärts und ſperrt mit demſelben, ßdem das Barometer abgenommen und umgekehrt iſt, das Queckſilber ſo, daß nicht in Bewegung gerathen kann. Die Zuſammenziehung des Queckſilbers ch Kälte oder die Ausdehnung deſſelben durch Wärme compenſirt die elaſtiſche ke oo, und ſollte im letzteren Falle etwas Queckſilber durch dieſe dringen, ſo ammelt es ſich auf der eiſernen Platte ll und kann hier nach Herausnahme des töpſels weggenommen werden; auch würde im Falle einer gänzlichen Anfüllung Cylinders ii mit Queckſilber die Röhre durch die Ausdehnung des Queckſilbs nicht zerſpringen, ſondern eher etwas Queckſilber neben dem Stöpſel durchreßt werden. In dem Gefäße muß ſtets ſo viel Queckſilber vorhanden ſein, daß Trommel ll 1 bis 2 Lin. unter dem Ende der Röhre b bleibt. Das ganze rometer wiegt ſeiner vielen Theile ungeachtet mit Futteral nur 2,5 Pfd. und üllt, obwohl etwas complicirt, alle Anforderungen an ein gutes Reiſebarometer.

Suckow *) beſchreibt ein dem Horner'ſchen in vielen Stücken ähnliches iſebarometer mit großer Genauigkeit, wie folgt. Um die Conſtruction des

*) Suckow, die barom. Hypſometrie. Darmſt. 1843. S. 8.

I.

II.

III.

Ganzen gehörig ins Auge zu faſſen, diene die mit Fig. I. im Profildurchſchnitt und en face nach Körner's bewährten Grundſätzen gegebene Anſicht. Jene Faſſung bildet nämlich ein meſſingenes Rohr nach dem Profildurchſchnitt ABCD, deſſen oberes Ende durch den Deckel b verſchloſſen iſt, in welchem ſich die Vorrichtung mit dem loſen, nach allen Richtungen beweglichen Ringe a befindet, um es auch im Zimmer an jedem Nagel aufhängen zu können. Bei aa iſt Kork eingefüttert, in welchem das obere Ende des gläſernen Barometerrohrs feſt liegt, um jede Bewegung zur Seite hin zu verhindern. Dieſe Figur, von cc bis dd betrachtet, ſtellt die Anſicht en face dar. Die meſſingene Röhre ABCD iſt von cc aus bis dd auf den zwei entgegengeſetzten Seiten in der Weiſe flach gefeilt, wie es in Fig. II. die Linien a'b' und c'd' angeben, was dazu dienen ſoll, daß man bei c'd' den Nonius aufnehmen und bei a'b' eine Durchſicht zur genauen Beobachtung des Queckſilberſtandes gewinnen kann. Die Oeffnung an der hintern Seite iſt mit weißſeidenem Bande verſchloſſen, wodurch das Barometerrohr in ein gedämpftes Licht, welches zur genauen Abnahme des Queckſilberſtandes ſehr vortheilhaft iſt, zu ſtehen kommt. Die Lage und Einrichtung des Nonius geben zugleich die Figuren I., II., III. an. In Figur I. iſt nämlich $\alpha\beta\gamma\delta$ ein Rähmchen, in deſſen Mitte die Schraube ef bewegt; die Schraubenmuttern bei $\beta\gamma\delta\varepsilon$ ſind in eine dahinter liegende Feder, welche die Form des Rähmchens hat und nur durch ihre größere Breite $\mu\nu$ Fig. II. von dieſem differirt, eingeſchnitten, während in dem Rähmchen ein parallelepipediſches Stück Meſſing eingepaßt iſt und die Schraubenmutter g Fig. I. der Schraube ef enthält. Die Schrauben bei $\beta\gamma$ halten einen Deckel i über das cylindriſch gedrehte Ende der Schraube ef und preſſen das Stück i, welches die Geſtalt des Nonius hat, ſo feſt auf, daß der kleine Rahmen $\beta\gamma\delta\varepsilon$ mehr Friction als der Nonius ſelbſt erhält; letzterer iſt bloß mit der Schraube g leicht an das durch die Schraube ef verſchiebbare Parallelepipedum befeſtigt; an das untere Ende deſſelben iſt ein Ring h Fig. I., II., III., deſſen Oeffnung größer als der Durchmeſſer des Barometerrohrs iſt, befeſtigt. Dieſes Befeſtigungsmittel (in Fig. I. mit h, in Fig. II. mit c' bezeichnet) bildet mit dem Nonius eine winkelrechte Ebene, welche zum Abſchneiden des Queckſilbers bei Beobachtung des Barometerſtandes dient, weshalb auch bei h in Fig. I. der winkelrechte Einſchnitt angebracht iſt, welcher in der Ebene der Inderſtriche beider Nonien mit der Fläche jenes Ringes zugleich liegt. Der Nonius wird durch die an dem Ringe befeſtigte kleine Feder ϱ Fig. III. zurückgezogen und auf dieſe Weiſe gegen die Fläche des Einſchnittes cc, dd feſtgedrückt.

Will man nun eine Beobachtung am Stande des Queckſilbers nach der in franzöſiſche Zolle und deren Unterabtheilungen eingetheilten Scale machen, ſo ſchiebt man dieſe ganze Vorrichtung mit der Hand fort, um die Fläche an die Queckſilberwand ſelbſt zu bringen, während die feinere Coincidenz der Ebene, über welche man zur Vermeidung der optiſchen Parallaxe weg viſirt, mit dem Queckſilberrande im leeren Raume durch die Schraube ef bewerkſtelligt wird. Bei kk Fig. I. befinden ſich 2 Zapfen zum Einhängen des Barometers in ein dreifüßiges Stativ, welches zur Aufnahme deſſelben mit einem, nach Art der cardaniſchen Lampen conſtruirten Schweberinge verſehen iſt, um das Barometer einer ſenkrechten Lage überlaſſen zu können (vergl. das Barometer von Fortin S. 687). Der bei l angebrachte Boden hat ein Loch, welches etwas weiter als die Barometerröhre iſt, um dieſelbe im Fall, daß ſie etwas gekrümmt wäre, in der Axe der Röhre ABCD zu erhalten und alle Oscillationen beim Transporte zu vermeiden. Am unteren Ende der Röhre ABCD iſt zur Beobachtung der Temperatur des Queckſilbers im Barometer ein Thermometer ſo angebracht, daß deſſen Kugel bis in das Queckſilber des Gefäßes herabreicht, während die Röhre ABCD bei CB durch ein eingelöthetes Stück Meſſing eine engere Oeffnung hat und dieſes Stück Meſſing mit dem Anſatze $\sigma\tau$ endigt, welcher wegen des Durchſchiebens des Thermometers an derjenigen Stelle, welche die Figur angiebt, durchbohrt iſt. Ein meſſingener Ring $\xi\varrho$, in welchem eine Nuthe eingefeilt iſt, um von oben herein über die Thermometerröhre geſchoben werden zu können, und auf deſſen Oberfläche eine Schraube gedreht iſt, ſetzt ſich gegen den Anſatz $\sigma\tau$ und iſt mit drei Schrauben befeſtigt, deren Köpfe tiefer als das Schraubengewinde auf dem Ringe $\xi\varrho$ ſtehen, um den Effect der Schraube nicht zu verhindern, welcher darin beſteht, das Inſtrument beim Transport an ſein Stativ zu befeſtigen und in einer conſtanten Lage zu erhalten. Eine jener Schrauben iſt in der Figur bei ξ ſichtbar. In die verengte coniſche Oeffnung der Röhre ABCD iſt ein Stück Eiſen mnop eingepaßt, an welchem ſich eine elfenbeinerne, nur zwiebelſchalendicke Röhre uvwx mit mäßigem Spielraum auf- und niederbewegen läßt und hier als Schwimmer zur Berichtigung der Unveränderlichkeit des Queckſilberniveau's dient und gegen das tiefere Einſinken durch die bei p angebrachten Stifte behindert iſt. Dieſer Schwimmer iſt, wie wx angiebt, im Zweck des beſſern Aufſitzens auf der Oberfläche des Queckſilbers, am untern Ende mit einem ſchwachen Ringe von etwas größerem Durchmeſſer verſehen und in derjenigen Stelle, wo das Thermometer ſich befindet, zur Vermeidung aller Reibung und ſonſtiger Colliſion mit demſelben gehörig ausgefüllt. Die Linie wx ſtellt aber auch zugleich das Niveau des Queckſilbers im Gefäße dar. Indem nun auf dem eiſernen Cylinder mnop bei uv eine feine Linie eingedreht iſt, wie dies in der Figur die punktirte Linie andeutet, ſo giebt die Coincidenz der eingefeilten Schwimmerkante mit dieſer Linie die Richtigkeit des Niveau's, oder im entgegengeſetzten Falle die Nothwendigkeit der Correction, durch Auf- und Zuſchreiben des das Queckſilber enthaltenden Gefäßes DEFGHI an. In dem eiſernen Cylinder mnop iſt die entweder aus Eiſen oder Elfenbein beſtehende Schraube qrst eingeſchraubt, welche ſich bei st in ein zur Aufnahme des durch die Dilatation aus der Barometerröhre getretenen Queckſilbers beſtimmtes Gefäß endigt, eine Schraube, welche gegen das freiwillige Aufſchrauben bei der Correction durch die bei op eingebohrten Stifte geſichert iſt.

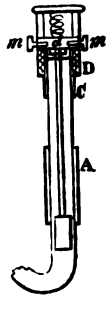
Das aus Eiſen gedrehte Gefäß DEFGHI umſchließt in ſeinem Boden FG eine

der Schraube qrst entſprechende, rechts und links feſtgeſchraubte Mutter ab, welche auf 2 Seiten flach gefeilt iſt, um dem Queckſilber des engern Gefäßtheiles mit dem Queckſilber des untern Gefäßtheiles Communication zu ertheilen. Der außerdem am unteren engern Theile des Gefäßes angebrachte Ring cd iſt bei φφ' mit feinem Leder überzogen und zur Abſperrung des Queckſilbers nach der Barometerröhre hin beſtimmt, während der unterſte Boden ſelbſt aus einem hohlen Cylinder gh beſteht, deſſen oberes Ende viereckig durchbrochen iſt, um theils den ſich in eine Schraube endigenden parallelepipediſchen Stab f aufzunehmen, theils eine Umdrehung um ſeine Axe unmöglich zu machen, ſobald die Schraubenmutter ik bewegt wird. Dieſer parallelepipediſche Stab endigt ſich in einer hölzernen Converitat, welche durch die in der Figur mit angedeutete Feder gegen die Oeffnung der Barometerröhre gepreßt wird und nur durch die Ausdehnungskraft des Queckſilbers zurückgetrieben werden kann, wobei das Queckſilber in den hohlen Raum φφ', welcher durch das Zurücktreiben der Feder erweitert wird, austreten kann. Die Schraubenmutter ik dient zum Zurückziehen des übergeſpannten Leders, wodurch ſeine ebene Figur, wie ſolche in der Figur angegeben iſt, mit einer converen vertauſcht und auf dieſe Weiſe geeignet wird, vor dem Verſchließen mehr Queckſilber zu faſſen, um bei Zuſammenziehung deſſelben einen Vorrath zur Ausfüllung des entſtandenen leeren Raumes in der Röhre zu gewinnen.

I.

Meyerſtein*) (Mechanicus in Göttingen) hat folgende Conſtruction eines Barometers angegeben. Die Beugung der Röhre iſt ſo, daß der kurze Schenkel A mit dem langen B Fig. I. in eine gerade Linie fällt. Auf dem unteren Schenkel ſowohl als auf dem oberen iſt mit dem Diamanten ein Strich gezogen und der Abſtand beider Striche mikroſkopiſch gemeſſen. Auf einem jeden dieſer Schenkel läßt ſich ein Meſſingrohr (a und b) von 100 mm Länge verſchieben, welches nach vorn durchſchlitzt und facettirt iſt. Die Facette dieſer Meſſingröhre iſt in halbe Millimeter getheilt. Der Gebrauch des Inſtrumentes iſt einleuchtend. Sobald nämlich das Barometer vertical hängt, ſchiebt man die Röhre a auf den langen Schenkel, ſo daß der höchſte Punkt der Queckſilberfläche in derſelben Ebene liegt, welche durch den vorderen Rand der Meſſingröhre nach derſelben gelegt werden kann. — Ein Gleiches findet mit der unteren Röhre b ſtatt. Man braucht jetzt nur nachzuſehen, welcher Strich der Theilung auf der Meſſingröhre mit dem auf beiden Schenkeln der Glasröhre gezogenen am nächſten zuſammenfällt; alsdann findet ſich der wahre Abſtand beider Oberflächen, indem man dieſe Theile zu dem gegebenen Abſtande der Striche auf der Röhre addirt oder davon abzieht.

II.



Um das Inſtrument transportabel zu machen, hat der Erfinder folgende Einrichtung getroffen: Auf den kurzen Schenkel Fig. II. iſt eine Stahlhülſe c gekittet, welche bis zur Hälfte mit Schraubengängen verſehen iſt. Hierüber ſchraubt ſich eine zweite Hülſe D. Im

*) Pogg. Ann. Bd. XLVI. S. 620.

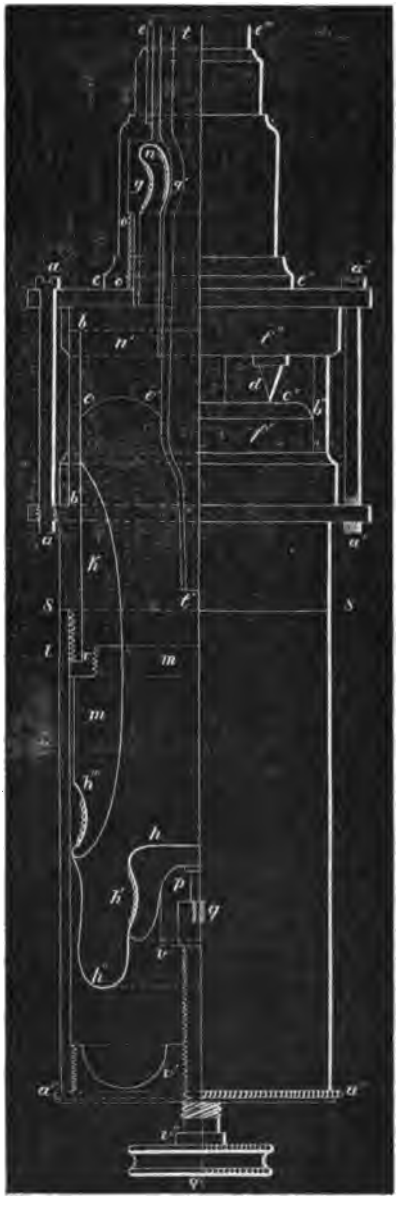
Innern von D ist ein beweglicher Boden d, welcher vermittelst der zwei Schrauben nm in den länglichen Löchern n (wie Fig. I. S. 686 zeigt) seine Führung hat. Zwischen dem Deckel der Hülse D und dem beweglichen Boden d ist eine Spirale. Will man nun das Barometer verschließen, so läßt man, wie gewöhnlich, das Quecksilber gegen die obere Kuppe des Rohres treten und schiebt, nachdem man die Hülse D abgeschraubt hat, den Embolus in den kurzen Schenkel, bis er gegen die Quecksilberfläche drückt. Die Embolusstange muß nun so lang sein, daß, wenn die Hülse D wieder auf c geschraubt wird, diese den Boden d berührt. Schraubt man nun D noch tiefer, so wird d hinaufgetrieben und die Spirale erhält eine Spannung. Es hängt demnach von der Stärke der Feder ab, den Embolus herabsteigen oder hinaufsteigen zu lassen, sobald die Temperatur des Quecksilbers sich ändert.

I.

II.

Das Fortin'sche Barometer, Fig. I., ist ein Gefäßbarometer und dadurch ausgezeichnet, daß das Quecksilber im Gefäße ein constantes Niveau hat. Der Boden des Gefäßes ist nämlich durch einen Lederbeutel l Fig. II. gebildet, gegen welchen von unten auf eine Schraube s drückt. Je nachdem man die Schraube s drebt, wird der Quecksilberspiegel im Gefäße gehoben oder gesenkt. Von dem Deckel des Gefäßes aber geht ein unten zugespitzter Stift von Elfenbein herab, welcher sich auf der glänzenden Oberfläche des Quecksilbers spiegelt. Durch Drehen der Schraube s ist es nun leicht, die Oberfläche des Quecksilbers genau mit der Spitze des Stiftes in Berührung zu bringen; es ist dies nämlich der Fall, wenn die Spitze des Stiftes und die Spitze seines Bildes in Berührung sind. Diese Spitze ist der Nullpunkt der Barometerscala. Das Barometerrohr ist von einem Metallrohre umgeben, in dessen oberem Theil n zwei Spalten diametral einander gegenüberstehend angebracht sind, durch welche man die Quecksilberkuppe sehen kann. Auf diesem Metallrohre ist auch die Theilung angebracht, deren Nullpunkt der richtig eingestellte Spiegel des Quecksilbers im Gefäße ist. Man könnte die Höhe der Barometersäule direct auf jener Theilung ablesen; um jedoch Fehler zu vermeiden, welche dadurch entstehen könnten, daß man beim Ablesen das Auge über oder unter die Horizontalebene der Quecksilberkuppe hält, ist auf dem Metallrohre ein Schieber angebracht, Fig. III., in welchem sich ebenfalls zwei diametral

III.



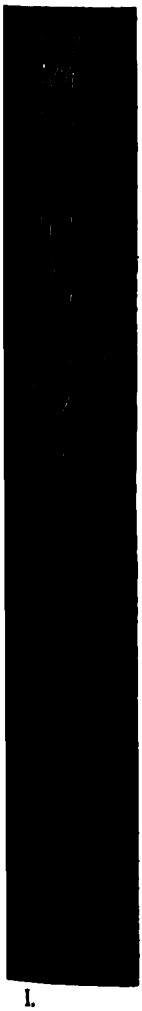
gegenüberſtehende Spalten befinden, welche auf die Spalten des Rohres paſſen und nur etwas breiter ſind als jene, ſo daß man noch die Theilung des Rohres ſehen kann. Die oberen Ränder der beiden Spalten im Schieber ſind genau in gleicher Höhe. Man ſtellt den Schieber nun ſo, daß die Queckſilberkuppe und die oben erwähnten beiden Ränder in eine gerade Linie fallen, daß alſo die über die beiden Ränder hin gerichtete Viſirlinie die Queckſilberkuppe tangirt. Man hat jetzt nur zu ſehen, welcher Theilſtrich des Rohres der Höhe dieſer Viſirlinie entſpricht. Um auch Unterabtheilungen der Theilung auf dem Rohre noch beſtimmen zu können, iſt der Schieber mit einem Nonius verſehen.

Der Mechanicus Ernſt *) in Paris hat an dem Gefäße des Fortin'ſchen Barometers noch einige Verbeſſerungen angebracht. Nebenſtehende Fig. ſtellt das Gefäß zur Hälfte im Durchſchnitt, zur Hälfte in Anſicht dar.

Das Gefäß iſt zuſammengeſetzt aus zwei Hauptſtücken neb und bb'a'. Der obere Theil deſſelben beſteht aus einem Deckel bn' mit einem darauf ſtehenden Cylinder; letzterer endigt oben in einen erweiterten Hals n, über welchen das Leder g gezogen wird, das ſich in eine Vertiefung g' der Barometerröhre cc' legt, und dadurch einerſeits dieſe Röhre aufhängt befeſtigt, andererſeits zwiſchen n und g' hindurch dem äußeren Luftdruck geſtattet auf die Oberfläche cc' des Queckſilbers im Gefäße zu wirken. Dieſes Stück aa' von Buchsbaumholz. Daſſelbe iſt umgeben von dem Meſſingcylinder f'', der einen Anſatz mit der Schraube oo' hat. Auf letztere ſchraubt ſich die Mutter des unteren Endes der Meſſingröhre ee', welche, wie beim Fortin'ſchen Inſtrument, die ganze Barometerröhre umſchließt und mit Scale und Nonius verſehen iſt. Bei f'' geht durch den Deckel n' der Elfenbeinſtift d hindurch, der an

*) Nach Delcros im Bull. de la soc. géol. de France. T. XII. p. 446. Pogg. Bd. LX. S. 374.

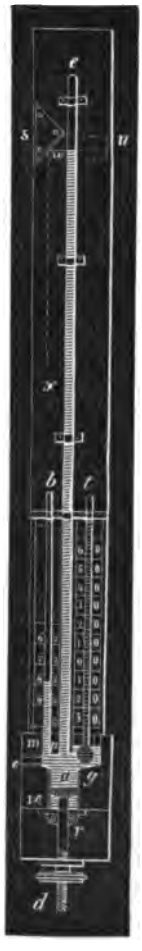
Messingplatte ee' unveränderlich befestigt ist und immer denselben Abstand von dem letzten Theilstrich der Scale behält. Die untere Spitze dieses Stifts befindet sich mitten in der Breite des ringförmigen Meniscus c'' der Queckſilberkuppe und entspricht genau dem Nullpunkt der Barometerscale. Drei Stifte mit Schrauben a, a a', a'' a'' verbinden den oberen Theil des Gefäßes mit dem Cylinder, der den unteren Theil desselben bildet. Dieser untere Theil besteht zunächst aus einem Glascylinder b b' b'', welcher das Durchsehen auf das Queckſilber gestattet. Unten bei b' ist derselbe in dem Cylinder festgekittet, und oben bei b wird er mittelst der Schrauben a, a', a'' gegen einen unter dem Deckel liegenden Lederring gepreßt. Dies bewirkt einen sicheren Verschluß, und erlaubt den Cylinder abzunehmen und zu reinigen. Der untere Theil des Gefäßes, welcher das Queckſilber enthält, besteht aus zwei hohlen Cylindern von Buchsbaumholz k und m, welche durch die Schraube r verbunden und von einem Messingcylinder umschlossen sind, der sich in ss' auseinander schrauben läßt. Die untere Hälfte enthält an ihrer Grundfläche eine Mutter mit der Schraube qq', welche bestimmt ist, den Buchsbaumboden h h' zu heben oder zu senken. Auf letzterem ruht der Lederſack h h' h'' h''', der das Queckſilber enthält, bei h' an dem Buchsbaumboden und bei h''' an dem Buchsbaumcylinder festgebunden ist. — Die Vorzüge dieses Barometers vor dem Fortin'schen bestehen wesentlich darin, daß es sich, wenn die Queckſilberfläche oxydirt oder der Glascylinder blind geworden ist, mit Leichtigkeit auseinander nehmen und reinigen läßt, und daß ebenso, wenn die Röhre beschädigt worden, jeder Reisende ohne Umstände eine neue einsetzen kann, falls er solche in Vorrath mit sich führt. Dabei ist das Instrument etwa drei Pfund leichter. Es hat sich übrigens vollkommen bewährt, da es auf der französischen Nord-Expedition, in Lappland, Finnmarken und Spitzbergen vielfach gebraucht und unbeschädigt wieder nach Paris zurückgebracht worden ist.



Derselbe Künstler hat auch ein neues Gefäß-Barometer mit veränderlichem Niveau construirt. Dasselbe ist seinen wesentlichen Theilen nach hier abgebildet. Die Röhre hält bei aa' 7 bis 8 Millimeter im Lichten, unterhalb bb' ist sie enger, und ihre Oeffnung unten bei a'' hat einen noch geringeren Durchmesser. Bei pp' enthält sie, wie die Gay-Lussac'schen Heberbarometer (welche Instrumente, wegen ihrer großen Enge, von Delcros für ebenso unzuverlässig erklärt werden, als sie wegen ihrer complicirten Gestalt zerbrechlich sind), einen trichterförmigen Einsatz (poche), um die etwa eingedrungene Luft aufzufangen und am Aufsteigen in das Vacuum zu hindern. Das Gefäß besteht aus einem Glascylinder bb'b''b'''b'''', der den dünneren Theil der Röhre umschließt und oben mit einer (eisernen) Mutter qq' versehen ist, mittelst welcher und der auf die Röhre gekitteten Schraube vv' die Verbindung beider hergestellt wird. Nach unten hat es eine Verengerung und oben ein Löchelchen, um der äußeren Luft den Eintritt zu gestatten. Der Durchmesser

des cylindrischen Gefäßes und der Röhre sind so berechnet, daß die Capillardepression des ringförmigen Meniscus m m' im Gefäße beinahe die der Röhre aufhebt. Wo indeß eine große Genauigkeit verlangt wird, muß man diese Depression besonders berichtigen. Dazu giebt Delcros eine Tafel, welche von ihm nach den Formeln von Schleiermacher berechnet worden, und welche ich weiter unten mittheilen werde.

Romershausen*) theilt zugleich mit seinem (S. 662) beschriebenen Apparate zu Auskochung der Barometerröhren eine umständliche Beschreibung seines Spiegelbarometers mit, welche wir vollständig mittheilen, weil sie namentlich denen, welche entfernt von einer tüchtigen mechanischen Werkstatt wohnen, Anleitung giebt, sich ein Instrument selbst anzufertigen, welches wenigstens die gewöhnlichen Barometer an Genauigkeit übertrifft.



In beistehender Figur ist e der lange und b der kurze Schenkel dieses Barometers, t das die Queckſilbertemperatur anzeigende Thermometer und a ein kleiner, mit einem Kolben verſeher Stiefel von Glas. Alle diese Röhren sind durch ein Parallelepipedum von einem recht dichten und harten Holze M in Verbindung gesetzt. Zu dem Ende wird letzteres mit folgenden Bohröffnungen versehen: 1) Die horizontale bis zu g hindurch laufende Oeffnung c, welche die Communication der Röhren ꝛc. bezweckt. 2) Die senkrecht auf vorige treffenden Oeffnungen, m für den kurzen Schenkel, p für den langen Schenkel und die weitere g für das in das Queckſilber versenkte Thermometer. 3) Die Oeffnung a für den Glasstiefel, welcher zugleich als Queckſilberbehälter dient. Man bohrt diese Oeffnungen am besten auf der Drehbank vermittelst eines sogenannten, den Durchmesser der Röhren um etwas übersteigenden Centrumbohrers, wodurch sie sowohl recht glatt, als vollkommen auf einander treffend erhalten werden. Das Innere dieser Höhlungen tränkt und überzieht man alsdann mit einer starken, klaren Fischleimauflösung, um durch dieselben sowohl an Dichtigkeit, als an glasartiger Glätte gewinnen. Zu dem Stiefel a wählt man ein etwa 4 bis 5 Linien im Durchmesser haltendes und $2^1/_2$ Zoll langes vollkommen cylindrisches Stückchen einer starken Glasröhre, deren Ränder man über abschleift und unterhalb etwas weniges an der Lampe erweitert und glättet. Am äußern Umfange wird hingegen das Glas mit einer scharfen Feile geritzt und rauh gemacht und mit einigen Lagen feinen Papiers oder dünner Kalbsblase vermittelst guten Fischleims dicht überzogen. Wenn dieser Ueberzug völlig trocken ist, so bearbeitet man ihn mit der Feile so weit, daß die Röhre genau schließend in ihre Holzöffnung einpaßt, woselbst sie alsdann mit einem neuen Leimanstrich sorgfältig eingefügt wird. Der für diesen Stiefel bestimmte Kolben a besteht aus einem Stückchen recht feinen dichten und elastischen Korkes. Es wird durchbohrt und zwischen zwei an dem Schraubenstift d angebrachten eisernen Scheibchen a fest aufgeschraubt, mit einem Messer ziemlich rund zugeschnitten und auf der Drehbank völlig passend abgedreht. Man erlangt dies am leichtesten durch ein recht scharfes Rasirmesser, indem man die Schneide des

*) Pogg. Ann. Bd. IV. S. 340.

ben faſt ſenkrecht auf die Drehungsfläche anſetzt. Auf dieſe Weiſe erhält man den Kolben vollkommen glatt und rund; die Anwendung der Feile muß hingegen vermieden werden, da ſie den Umfang nur faſerig und nie ganz glatt darſtellen kann. Der Kolben muß ſich in der Röhre etwas preſſen und vollkommen dicht ſchließen; a die Bewegung deſſelben vermittelſt einer Schraubenvorrichtung bewirkt wird, ſo at ſie auch bei dem dichteſten Schluß keine Schwierigkeit. Die Kolbenſtange iſt nterhalb des Kolbens, ſo weit als die Linie ihrer Bewegung reicht, vierkantig gerbeitet und läuft daſelbſt in der gleichförmigen Oeffnung des an dem unten vorhenden Brete befeſtigten Meſſingſtücks r, welches zugleich den Stiefel verſchließt nd bewirkt, daß ſich der Kolben nicht drehen, ſondern nur auf und nieder ſteigen nn. Weiter nach unten bildet alsdann die Kolbenſtange eine Schraube, welche urch die unter dem Brete frei hervorragende Fingerſchraube bewegt wird, indem iefe ſich in einem Falze dreht und ſo den Kolben auf- und niederzieht. Alle it dem Queckſilber in Berührung kommende Metalltheile müſſen von Eiſen oder Stahl gefertigt werden; ſie werden gut polirt und gegen das Roſten mit dem Anriche eines harten Bernſteinfirniſſes verſehen. Iſt die Vorrichtung ſo weit vorgeſchritten, ſo wird das in Hinſicht ſeiner Scale bereits vollkommen berichtigte Thermometer bei g eingeſetzt. Die Röhre wird zu dem Ende zunächſt über der Kugel mit wie der Glasſtiefel behandelt, mit einem Streifen Blaſe verſehen und in einem ork recht feſt verleimt. Der Kork wird für die ihm beſtimmte Oeffnung rund nd paſſend zugeſchnitten, ſo daß ſein Durchmeſſer den der Kugel um etwas überbreitet, damit die Kugel ohne anzuſtoßen allenthalben vom Queckſilber des Barometers umgeben iſt. Mit dieſer Vorſicht ſetzt man nun den Kork mit Leim in ine Oeffnung ein und verſchließt alsdann auch die Bohröffnung c des Holzſtücks entweder mit einer paſſenden Holzſchraube oder einem Kork, welchen man einmt. Wir wenden uns nun zur Anfertigung der Barometerröhren b und e. an wählt beide etwa von einem innern Durchmeſſer von $1^1/_2$ Linie. Es iſt inſſen nicht unumgänglich nothwendig, daß beide von völlig gleichem Durchmeſſer it, wenn dieſes Verhältniß nur nicht auffallend abweicht. 1) Der lange henkel ep. Man nimmt dazu eine reine, wenn auch nicht gleich weite oder llkommen cylindriſche Glasröhre von 35 Zoll Länge. Sie wird an dem Ende wo ſie in das Holz geleimt werden ſoll, glatt geſchmolzen, und wie die übrigen öhren mit Blaſe überzogen, welche mit der Feile für ihre Oeffnung vollkommen ffend gemacht wird. Alsdann wird ſie gut gereinigt und am Ende e halbkugelmig zugeſchmolzen; es iſt wichtig, daß dieſer Verſchluß nie kegelförmig gemmt ſei, und dagegen vorzuziehen, daß die Halbkugelform unmerklich über n Durchmeſſer der Röhre hervortritt. Die Röhre mird nun vermittelſt eines indfadens am Kochapparate (ſ. Fig. S. 662) bei r aufgehängt, erhitzt und t reinem, gleichförmig erhitzten und wohlgetrockneten Queckſilber durch einen nen Papiertrichter gefüllt und alsdann nach obiger Anleitung aufs vollkomnſte ausgekocht. 2) Der kleine Schenkel bm. Man wählt dazu ein recht ires und vollkommen cylindriſches Röhrſtückchen, welches auch keine Schwierigkeit t, da es nur etwa 8 Zoll lang zu ſein braucht. Es muß zu dem Ende aufs ſorgtigſte calibrirt werden. Es wird nun am untern Ende m glatt geſchmolzen und en bei b mit einem etwas erweiterten Rande verſehen. Unten bei m wird dieſe öhre ganz wie die übrigen behandelt, mit Blaſe umklebt und recht feſt in die öhröffnung eingeleimt. Um nun auch den ausgekochten langen Schenkel bei p

einzuleimen, kehrt man M so herum, daß b und t nach unten kommen und die Oeffnung r des Stiefels nach oben steht. Das Instrument bleibt in dieser Lage hängen, bis Alles vollkommen trocken geworden ist, alsdann schreitet man zur vollendeten Füllung desselben. Zu diesem Zwecke schraubt man das Parallelepipedum M an das bereits vorgerichtete Barometerbret, wo dasselbe bis an die Röhren eingelassen ist, und befestigt die Röhren einstweilen nur oberflächlich mit einem Faden am Brete, um sie vor Zerbrechung zu schützen. Man schiebt jetzt in den kleinen Schenkel b einen an einem Eisendraht befestigten Stöpsel bis an seine Mündung m hinauf, damit diese Röhre ganz verschlossen ist. Nun gießt man von oben durch den offenen Stiefel a so viel reines und trockenes Queckſilber ein, daß derselbe etwa bis zu $^2/_3$ seiner Länge angefüllt ist, wobei man durch Erschütterung und vermittelst eines Drahtes alle Luft aus der innern Höhlung auszutreiben sucht. Alsdann drückt man den Kolben nur so tief in den Stiefel a, daß derselbe dadurch geschlossen ist, und neigt nun die Vorrichtung nachgerade zur Seite, so daß das Bret horizontal liegt und die schmale Kante n nach unten gekehrt ist. Bei dieser Lage steigt die zwischen dem Kolben und dem Queckſilber im Stiefel eingeschlossene Luft in den Raum unter c hinauf, welches man durch einige Erschütterung leicht vollständig bewirkt. Wenn man jetzt den Stöpsel aus dem kleinen Schenkel b auszieht, das Barometerbret bei seinem Obertheile e etwas hebt und zugleich den Kolben tiefer in den Stiefel einschiebt, so treibt das in m b aufsteigende Queckſilber den unter c befindlichen Rest der Luft vor sich her. Hat das Queckſilber auf diese Weise im kleinen Schenkel die Länge der Scale überschritten, so kann man das Barometer ohne Sorge aufhängen und die Füllung ist vollendet. Man befestigt nun die Vorrichtungen d und r und die Röhren selbst mit gefütterten Messingen am Brete, auch fügt man sogleich die Barometer- und Thermometer-Scale hinzu. Die richtige Stellung der letztern geschieht nach den zuvor an der Thermometerröhre gemachten Merkzeichen, die Berichtigung der erstern aber wird auf folgende Art bewirkt. Hat man ein anderes gutes Heberbarometer zur Hand, schraubt man den Kolben vermittelst der Fingerschraube d so weit herab, daß das Queckſilber in dem kleinen Schenkel b auf der Scale einen gleichen Stand mit dem Heberbarometer angiebt. Bei diesem Verfahren wird nun auch die Queckſilbersäule im langen Schenkel e bis zu einem gewissen Punkte w herabsinken, welcher für die Folge der Normalpunkt des feststehenden Niveau's ist. Man bezeichnet denselben einstweilen nur dadurch, daß man hier ein, mit einem feinen Querstrich versehenes Kartenpapier unter die Röhre schiebt, und läßt die Vorrichtung so einige Tage ruhen, während man den fernern Gang beobachtet und vergleicht. Sie erfordert, wegen einiger Senkung des Queckſilbers ꝛc., die folgende genaue Berichtigung des Niveau's. Zu dem Ende trägt man auf eine mit dem langen Schenkel genau parallel aufwärts gezogene Linie, vermittelst eines sichern Cirkels, auf die Theilpunkte 28″ der Scale sorgfältig 28 Par. Zolle aufwärts und zieht durch den Endpunkt dieser Linie eine darauf senkrechte quer über das Bret, welche nun die normale Lage für das Niveau bezeichnet. s ist ein kleiner Metallspiegel von der Höhe eines Zolles, welcher auf eine Messingplatte verlöthet und zur Seite der Röhre e, in einer Neigung von 45 Grad gegen die Niveaulinie und zwar so angeschraubt wird, daß sowohl seine Fläche senkrecht auf dem Brete steht, als auch die Niveaulinie seine Mitte trifft. An dem Punkte, wo diese Linie den Spiegel berührt, wird alsdann auf der Spiegelfläche eine sehr feine Linie aufwärts

senkrecht auf dem Brete stehend eingerissen. Das Niveau w n besteht aus einem saubern Silber- oder Elfenbeinblättchen, auf dessen Mitte eine feine schwarze Linie bezeichnet ist, die sich, wie schon bemerkt, an die Linie der Spiegelfläche genau anschließt. Die Form dieses Niveaublättchens leuchtet aus der Zeichnung ein; es wird nach vollkommener Berichtigung mit der auf dem Brete bemerkten Linie unverrückbar angeschraubt. Das Barometer würde nun in seiner einfachsten Gestalt vollendet sein, wenn man ihm nicht noch einige passende Verzierungen geben will; so kann man z. B. dem unterhalb M vorstehenden Theil des Bretes bei r, welcher den Mechanismus der Kolbenbewegung enthält, in gleicher Höhe mit M verdecken, wodurch zugleich das Eindringen von Staub in den Stiefel a verhütet wird ꝛc. Die Scale des Barometers hat aus oben angegebenen Gründen eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Sprache. Sie ist in Zwölftheile der Linie getheilt, welche man bei dem Gebrauch einer Lupe noch halbiren kann. Wer indessen andern künstlichen Vorrichtungen zu genauerer Maßbestimmung mehr Vertrauen schenkt, kann dieselben leicht mit der Scale in Verbindung setzen. Romershausen sagt, er messe ohne dieselben schneller und sicherer, indem er den Stand der Quecksilbersäule nicht nach der obern Wölbung derselben, sondern nach ihrer Basis bestimmt, welche bei einer gut gewählten Röhre und richtiger Beleuchtung durch einen scharfen Schatten in derselben nicht allein den Horizontalstand des Auges berichtigt, sondern auch den genauesten Schnitt erlaubt. Das zu beobachtende Spiegelbarometer wird so aufgehängt, daß sich die Scale in der Augenhöhe des Beobachtenden befindet und die vordere Spiegelfläche dem Lichte zugekehrt ist. Bei der Beobachtung faßt man die Schraube d und sieht aufwärts in den Spiegel s, wo man die Quecksilbersäule aufs schärfste durch den reflectirten Niveaustrich geschnitten erblickt, indem das Bild derselben in der Richtung x herab und zugleich in einem Winkel von 45 Grad vor das Bret reflectirt wird. Man richtet dabei das Auge so ein, daß das reflectirte Niveau die zarte Linie im Spiegel deckt, wodurch jeder Fehler in der Visirlinie unmöglich wird. Durch Bewegung der Schraube d hebt oder senkt sich nun die Quecksilbersäule, man kann sie daher, wegen der Länge der Richtungslinie, auf einen Blick aufs schärfste und genaueste in das Niveau einrichten. Nun liest man den Stand des Barometers auf der dem Auge gegenüberliegenden Scale ab. Die in nebenstehender Figur nach einem größern Maßstabe besonders dargestellte Vorrichtung schützt endlich das Barometer bei dem Transporte gegen Beschädigung. b ist ein Stück des kleinen Schenkels b m (s. Fig. S. 690) und n a eine gewöhnliche feine Thermometerröhre von zureichender Glasstärke. Bei K wird eine starke Kugel angeblasen, welche oberhalb nach a zu in eine feine Spitze ausgezogen wird. Die untere Mündung n wird etwas erweitert und auf bekannte Weise mit Blase überzogen und in ein Stückchen Kork eingeleimt, welches, wie die Figur zeigt, in einen in die Schenkelröhre genau passenden Kolben verwandelt wird. Die untere etwas ausgehöhlte Fläche dieses kleinen Kolbens überzieht man mit einer Lage Fischleim, um sie völlig glatt herzustellen. Bei engern Röhren kann man sich auch anstatt des Korkes eines starken elastischen Lederstückchens bedienen. Der Gebrauch dieser Vorrichtung ist nun folgender: Wenn das Barometer transportirt werden soll, so schraubt man den Kolben a (s. Fig. S. 690)

men, kehr
ig r des E
, bis Alles
Füllung d
as bereits
ist, und b
ete, um sie
el b einen a
uf, damit d
enen Stiefel
2/3 seiner Lä
Drahtes alle
man den Ko
und neigt n
l liegt und
ie zwischen d
aum unter c
virkt. Wenn
arometerbret
in den Stiefel
befindlichen
im kleinen E
eter ohne Sor
e Vorrichtung
Brete, auch
Die richtige
Ihre gemachten
Art bewirkt.
t man den Kol
ilber in dem kl
arometer angie
m langen Schen
Folge der Nor
einstweilen nur
Kartenpapier u
ruhen, während
rt, wegen einiger
des Niveau's.
parallel aufwärts
unkte 28" der E
nkt dieser Linie c
le Lage für das N
eines Zolles, wel
e, in einer Neigu
aubt wird, daß sor
ie Niveaulinie sein
rührt, wird alsdann

abgelothet ist. Hebt man das Barometer aus der Pfanne, um das Queck-
durch Neigung in Bewegung zu versetzen, so wird es oben durch eine über
ig greifende Platte gehalten, welche bei dem Aufstellen, nachdem der Stift
n Ring gesteckt worden, eingeschraubt wird. Die durchgängig 7 Linien
asröhre ist in der Mitte so gebogen, daß die Queckſilberkuppe des Torricel-
Vacuums mit der Queckſilberkuppe im offenen Schenkel in derselben Verti-
egt. Die Ableſung der Niveaudifferenz beider geschieht vermittelst zweier
scher mit Fadenkreuzen versehener Mikroskope, von denen das eine feste
punkte der Messingscale entspricht, das andere sich auf derselben verschiebt.
$^1/_2$ Linien breite Scale verschiebt sich mit Reibung auf einem $1^1/_2$ Zoll
Messinglineal zwischen vier Paar auf derselben befestigten rechtwinkelig
rgreifenden Ansätzen. Am unteren Ende dieses Lineals befindet sich die
mutter der mikrometrischen Schraube des untern Mikroskopes, deren
Zoll weit als Schraube geschnitten, noch 8 Zoll weiter reicht und durch
uber dem festen Mikroskop befindliche Klemme der Scale hindurchgeht,
orläufiger Einstellung von dieser festgehalten zu werden und dann die
rection durch die Schraube zu gestatten. Die Einrichtung des obern
ist genau dieselbe, nur mit dem Unterschiede, daß die Schraubenmutter
eterschraube, wie sich von selbst versteht, von der Scale, nicht von dem
gen wird. Die Scale selbst ist von 25 bis 30 Zoll auf Silber direct
n getheilt. Vermittelst des damit verbundenen Nonius erhält man
des obern Mikroskopes auf ein Hunderttheil Linie. Um aber die
der Scale auf dem Lineal zu erhalten, sind in der Mitte derselben noch
so getheilt, und neben dieser Theilung auf dem Lineal ist die getheilte
e befestigt, welche $^1/_{100}$ Linie giebt. Nonius und Scale liegen wie
n Mikroskope in einer Ebene; die Ableſung geschieht vermittelst einer
pe. Durch diesen Nonius erhält man die Senkung des Queckſilber-
ffenen kurzen Schenkel und kann daher bestimmen, ob sie gleich sei der
selben im obern Schenkel der Röhre. Bei vollkommen gleicher Weite
r beiden Schenkel des Barometers, welche von den Queckſilberober-
r werden, wird die Temperaturveränderung des Queckſilbers nämlich
zu der Erscheinung, daß dasselbe in dem offenen Schenkel nicht um
tät sich vermindert als in dem geschlossenen. Denkt man sich von dem
eine horizontale Linie die Queckſilbersäule, welche dem Drucke der
gewicht hält, abschneidend, und nun bei unverändertem Drucke die
Queckſilbers sich erniedrigend, so wird das Sinken dieser horizon-
rniedrigung des untern Niveau's angeben. Die auf dieser hori-
hende Säule wird nun um ebenso viel, als diese Senkung beträgt,
ie sich aber ebenfalls durch die Temperaturerniedrigung zusammen-
e obere Fläche außer der Quantität, um welche sie wegen der Sen-
Niveau's fiel, noch um die Quantität der Zusammenziehung der
Auf diese Erscheinungen hat neuerdings wieder Buff*) auf-
— Durch Aufschrauben der von dem Instrument leicht trenn-
Meßvorrichtung auf einen wie dieselbe für 13° R. berichtigten
n man sich überzeugen, ob die auf 28 Zoll der Scale geschehene

*) Bd. XXXI. S. 266.

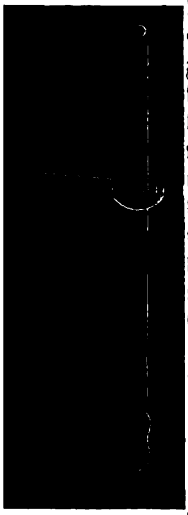
Einstellung der Fadenkreuze der Mikroskope genau den Parallelstrichen der Silberplatten des Etalons entspricht. In der hölzernen Fassung des Barometers befindet sich das Thermometer für die Ausdehnung des Queckſilbers, mit ſeiner Kugel in einer mit Queckſilber gefüllten Röhre von gleichem Durchmeſſer, als die Barometerröhre. Auf der Mitte der Scale ſenkrecht auf die Ebene derſelben iſt das Thermometer für die Ausdehnung der Scale angebracht, ſeine Kugel iſt mit Meſſing umgeben. Die Scalen beider ſind von Elfenbein, um leicht gegen einen hellen Grund abgeleſen zu werden. An den Ständern beider Mikroſkope befinden ſich meſſingene Abblendungen, welche, wenn ſie vorgelegt werden, die hell beleuchtete Grenze der Queckſilberkuppe ſcharf auf dem dunkeln Grunde abſchneiden. Dieſe Kuppe iſt wie bei allen Barometern in dem mit Luft theilweiſe erfüllten Schenkel viel convexer als im Vacuum, aber in demſelben ebenfalls noch ſehr deutlich convex, auch hat ſich dieſe Krümmung in zwei Jahren nicht merklich geändert. Da nach langer Zeit an den Stellen, wo das Glas im kürzeren Schenkel fortwährend mit Luft und Queckſilber abwechſelnd in Berührung kommt, die Durchſichtigkeit deſſelben etwas vermindert werden kann, ſo iſt anzurathen, neben dem Barometer eine kleine Vorrichtung an der Wand anzubringen, welche das aus der Pfanne gehobene ſtark gedrückte Inſtrument zu den Zeiten unterſtützt, wo man keine Beobachtungen daran anſtellt.

Von beſonderem Vortheil iſt das Barometer zur See, indem es hier ſicherer als Wetterverkündiger zu brauchen iſt, als auf dem feſten Lande, wo Gebirge, Wälder, Sümpfe ꝛc. ihren Einfluß äußern. Wegen der fortdauernden Bewegung, in welcher ſich ein Schiff befindet, iſt es indeſſen ſchwer, das Barometer vor dem Zerſchelltwerden durch das anſchlagende Queckſilber zu ſchützen. Ehemals bedienten ſich die franzöſiſchen Schiffe des von Blondeau *) vorgeſchlagenen eiſernen Barometers (ſ. nebenſtehende Figur), welches, auch zum Transporte eingerichtet, nach

Deluc's Art verſchloſſen werden kann. Wo der längere Schenkel bb in das Verbindungsſtück eingeſchroben wird, da iſt die Oeffnung b beträchtlich verengert, um die Schwankungen zu vermindern und das Eindringen der Luft bei der Zuſammenſetzung zu vermeiden. Der Hahn g iſt ſehr eng durchbohrt und kann außerdem nach Gefallen weniger geöffnet werden, um die Schwankungen möglichſt zu vermindern. Gegen den Einfluß der Ausdehnung des Queckſilbers durch Wärme iſt der Fortſatz des Verbindungsſtückes cd mit einer Blaſe überbunden, gegen welche vermittelſt der Feder ef ein Polſter gedrückt wird. Wegen der Undurchſichtigkeit beider Schenkel dieſes Barometers kann man den Stand des Queckſilbers nicht unmittelbar beobachten: deswegen iſt auf das Queckſilber im kürzeren Schenkel ein Schwimmer von Elfenbein gebracht; von dieſem aus geht ein eiſerner Draht durch die enge Oeffnung bei i und giebt mit dem Knöpfchen k den Barometerſtand an. Ein Schiffsbarometer mit Ferblatt wurde ſchon oben S. 673 angegeben.

Seit Cook iſt allgemein in Gebrauch ein nach Nairne (ſ. S. 676) eingerichtetes Seebarometer, welches nach allen Richtungen frei beweglich aufgehangen wird (ſ. nächſtfolgende Figur). Das Ganze iſt ein Gefäßbarometer mit einer

*) Lichtenberg's Magazin. Bd. I. S. 80.



hölzernen Gefäße, unten mit einem ledernen Beutel und einer Schraube nach Ramsden versehen, um das Niveau damit zu berichtigen, die Röhre in einen hölzernen Cylinder eingeschlossen, welcher gegen Beschädigungen schützt. Die Luft erhält den Zugang nur durch die Poren des hölzernen Gefäßes, wodurch zugleich der Verschüttung des Queckſilbers vorgebeugt iſt. Von der Glasröhre haben nur die oberen 6 Zolle die Weite eines gewöhnlichen Barometers, der übrige Theil aber iſt nur etwa 0,5 Lin. im Lichten weit, ſo daß das Queckſilber bei den Schwankungen des Schiffes mit großer Schnelligkeit und mit Ueberwindung einer bedeutenden Adhäſion den engen Canal durchlaufen muß, um in der weiten Röhre zu ſteigen oder zu fallen, wodurch ſeine Oscillationen bedeutend geſchwächt werden. Von der Röhre ſelbſt ſind nur wenige Zoll ſichtbar, da mit Ausnahme höchſt ſeltener Fälle der Barometerſtand auf der See ſich wenig ändert und ſelten unter 26 Zoll ſinkt. Die Scale iſt in kleine Theile getheilt und wird bei dieſem Barometer am beſten auf die Röhre ſelbſt geätzt, da ſich kein Nonius anbringen läßt. Das Barometer wird in geiiger Entfernung von der Wand etwas über ſeinem Schwerpunkte zwiſchen zwei ingen frei ſchwebend aufgehangen, und zugleich iſt ſein oberes Ende mit einem liden meſſingenen Knopfe verſehen, wodurch daſſelbe die Eigenſchaft eines langen endels erhält und der bedeutenden Schleuderungen des Schiffes ungeachtet keine eichzeitigen und gleichmäßigen Bewegungen mit demſelben annimmt. Von Zeit Zeit tritt ein Stillſtand ein, während deſſen man die Beobachtung anſtellen kann; nſt nimmt man aus den während der Oscillationen gemachten Beobachtungen das littel. Die Oscillationen betragen übrigens ſelten über einen halben Zoll.

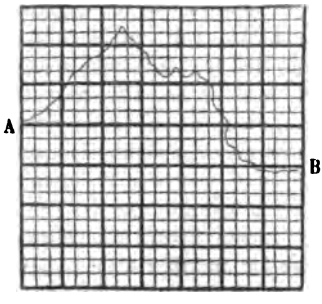
Die Güte eines Barometers hängt beſonders davon ab, daß ſich in der Torcelli'ſchen Leere keine Luft befindet. Um zu unterſuchen, ob dieſes der Fall iſt, darf an nur das Barometer ſo neigen, daß die Queckſilberſäule bis zur oberſten Spitze r Glasröhre emporſteigt. Bleibt hier ein Raum, den das Queckſilber nicht einnehmen vermag, ſo iſt Luft in der Kammer, welche durch ihre eigene Elaſticität m Drucke der äußeren Luft entgegenwirkt und natürlich deſto nachtheiliger wirkt, größer ihre Quantität iſt. Wenn man beim ſchnellen Neigen des Inſtrumentes s Queckſilber an den Verſchluß der Glasröhre anſchlagen läßt, ſo giebt das las einen hellen, metalliſchen Ton, ſobald keine Luft über dem Queckſilber vorinden, während, wenn dieſes der Fall iſt, der Ton dumpfer und klangloſer iſt, il dann der Stoß gegen einen ſehr elaſtiſchen Körper, die Luft, geſchieht. Man arf dieſes Anſchlagen nicht zu ſtark geſchehen laſſen, was bei einer ſchnellen unvorchtigen Wendung des Inſtrumentes leicht der Fall iſt, weil dann das Queckſilber it ſolcher Gewalt an die Glasröhre oben anſchlägt, daß ſie zerbricht und das ganze nſtrument verdorben wird. Will man ein Barometer transportiren, ſo muß man 3 vorſichtig ſo umlegen, daß das Queckſilber im Rohre bis an deſſen Ende emporeigt, und zugleich vermeiden, daß Queckſilber aus dem Gefäß oder dem kurzen Schenkel ausläuft. Das Tragen muß ſo geſchehen, daß das Queckſilber nicht hin nd her ſchwankt, man muß alſo das letztere ſo abzuſchließen ſuchen, daß es nicht

ſchwanken kann. Bei den zum Transport beſtimmten Inſtrumenten ſind zu dieſem Behuf eigene Vorrichtungen getroffen.

Beim Gebrauche des Heberbarometers hat man die Unannehmlichkeit, daß ſich in dem kürzeren Schenkel immer nach kurzer Zeit Queckſilberoxyd bildet, welches an die Röhre ſich anhängt. Bei einigen Glasſorten iſt dieſe Anhängung ſtärker als bei anderen. Man muß hier ſtets ein Stäbchen bei der Hand haben, deſſen unteres Ende mit weichem Leder überzogen und ziemlich ſo dick wie die Röhre weit iſt, um mit demſelben die Röhre (nachdem man das Inſtrument ſo weit als nöthig geneigt hat, ſo daß das Queckſilber in das Vacuum hinaufſteigt) auszuwiſchen. Das Stäbchen läßt man oben locker mit Papier umwickelt, nachdem man es in die Höhe gezogen, im offenen Schenkel des Inſtrumentes ſtecken, um einen nicht luftdichten, aber den Staub abhaltenden Verſchluß zu haben. Das Inſtrument muß, wenn man es beobachtet, genau in ſenkrechter Richtung hängen. Einige frei aufgehängte Barometer, wie z. B. das von Fortin, nehmen von ſelbſt die ſenkrechte Stellung an; wo dieſes nicht der Fall iſt, muß die Stellung auf die gebräuchliche Weiſe mittelſt des Senkbleies hergeſtellt und berichtigt werden. Zur Benutzung des Barometers zu Höhenmeſſungen muß man, im Fall das Barometer nicht mit einem Geſtelle verſehen iſt, wie das Fortin'ſche, einen Haken mit einer Holzſchraube bei ſich führen, den man an einen Baum oder Stock einſchrauben und woran man das Barometer aufhängen kann.

In der Regel iſt die Queckſilberoberfläche kugelförmig gebogen (ſ. S. 663 u. Folg.). Man mißt dann nach der Berührungsebene an den höchſten Punkt dieſer gekrümmten Fläche. Bevor man die Beobachtung anſtellt, muß man durch einige ſanfte Stöße das Inſtrument erſchüttern, damit das Queckſilber ungehindert von der Adhäſion an das Glas ſeinen Stand annehmen kann.

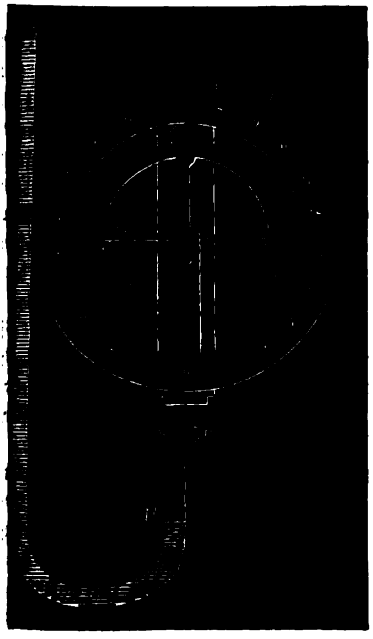
Um ſich die Mühe des Selbſtbeobachtens erſparen zu können, hat man Vorrichtungen erſonnen, bei denen ſich der Stand des Barometers von ſelbſt verzeichnet, die aber niemals ſcharfe Beobachtungen gewähren. Ein ſolches Inſtrument iſt das Barometrograph (v. d. griech. γράφειν, ſchreiben) von Changeux*). Dieſer beſteht aus einem Heberbarometer nach Hooke's Einrichtung, in deſſen kürzerem Schenkel ein elfenbeinerner Cylinder auf dem Queckſilber ſchwimmt und daher beim Fallen und Steigen des Barometers abwechſelnd gehoben wird oder herabſinkt. In dem elfenbeinernen Cylinder iſt ein Draht befeſtigt, welcher an dem Ende des Schenkels hervorragt und oben einen quer in ihm befeſtigten Bleiſtift trägt. Vor dieſem wird durch eine Uhr ein Cylinder mit der von Muſſchenbroeck**) vorgeſchlagenen Tabelle (ſ. nebenſtehende Figur; die Curve AB bezeichnet das Steigen und Fallen des Barometers) umgeben alle Tage einmal um ſeine Axe herumgedreht, und ſo muß der Bleiſtift den jedesmaligen Barometerſtand ſelbſt in dieſe einzeichnen. Weil aber die Spitze deſſelben ſich abnutzt, leicht abbricht und eine



*) Journ. de phys. T. XVI. p. 325. — Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. I. S. 911.
**) Dissert. phys. Lugd. 1729. 4. p. 673.

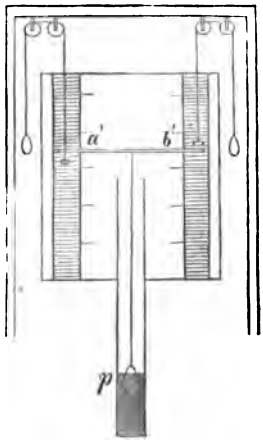
zu ſtarken Druck zum Schreiben erfordert, ſo änderte Changeux dieſe Vorrichtung dahin ab, daß er ſtatt deſſelben einen etwas zugeſpitzten Drahtſtift wählte, welcher alle Stunden durch einen kleinen Hammer gegen die Tabelle geſchlagen wurde. Nach 24 Stunden ſank der Cylinder um 1 bis 2 Zoll herab und ſo wurde über dem eingezeichneten Striche ein zweiter verzeichnet und ſo fort, bis man einen neuen Ueberzug über den Cylinder ſchob.

Eine andere Vorrichtung von Landriani *) giebt mit Genauigkeit bis auf $^1/_{12}$ Lin. die höchſten und niedrigſten Stände des Barometers (ſ. nebenſtehende Figur). Auf dem kürzeren Schenkel eines guten Heberbarometers ſchwimmt das Stückchen Holz oder Elfenbein p, welches etwas kleiner im Durchmeſſer iſt als die Barometerröhre. Der Schwimmer trägt einen Eiſendraht s und an dieſen iſt ein über eine Rolle geſchlungener und mit dem Gegengewichte r beſchwerter Seidenfaden gebunden. An der Are der Rolle iſt das ſehr leichte meſſingene Rad MM befeſtigt, welches genau balancirt, gezahnt und mit dem Zeiger KK verſehen iſt. Der Zeiger zeigt den Stand des Barometers, das gezahnte Rad aber bewegt ſich unter dem leichten ſtählernen Hebel z, welcher ihm zwar das Herumdrehen nach einer Seite verſtattet, aber nicht den Rückgang; und auf dieſe Weiſe zeigt von zwei Barometern, je nachdem die Richtung der Zähne des Rades und des ſperrenden Hebels verſchieden iſt, das eine den höchſten, das andere den niedrigſten Stand.

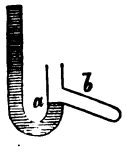


Man ſieht leicht, daß es ſehr einfach ſein würde, nach Muncke **) auf beiden ten des Rades zwei, von demſelben getrennte, genau balancirte, durch geringe ibung aber feſtſtehende Zeiger zu befeſtigen und durch Stifte an beiden Seiten Rades nach entgegengeſetzten Seiten bewegen zu laſſen, um an demſelben Baroeter zugleich den höchſten und den niedrigſten Stand zu meſſen. Die einzige auf den Fall nur durch erfahrungsmäßige Berichtigung zu überwindende Schwierigkeit ſteht darin, die Abtheilungen der äußern getheilten Scheibe vv ſo zu machen, ß ſie dem Stande des Barometers in Zollen und Theilen des Zolls genau entrechen. Dieſes könnte viel leichter noch durch Semple's ***) absence-baroeter (Abweſenheitsbarometer) erreicht werden (ſ. die nachfolgende Figur), oder vielmehr durch daſſelbe gegeben, wenn man annimmt, daß der in der Figur cht gezeichnete Schenkel des Barometers mit demjenigen völlig gleiche Weite

*) Brugnat. Giorn. T. X. p. 54. Gehler a. a. O. S. 912.
**) Gehler a. a. O.
***) Brugnat. Giorn. T. X. p. 54. Gehler a. a. O.



hätte, auf welchem der Schwimmer ruht, oder daß man den Unterschied des oberen weiten Cylinders und des offenen Schenkels in die Scale corrigirte. Uebrigens ergiebt sich die Construction dieses selbstregistrirenden Barometers aus der Zeichnung von selbst, indem man leicht wahrnimmt, daß der Schwimmer p einen Stift und dieser den horizontalen Draht a' b' trägt, dessen Enden rechts beim Steigen, links beim Fallen leichte Schieber bewegen und auf dem höchsten oder niedrigsten erreichten Punkte stehen lassen. Bei der gegenwärtig erforderlichen Genauigkeit der Beobachtungen sind alle solche Vorrichtungen unnütz, es ist denn, daß man wissen wollte, ob bei ungewöhnlichen Veränderungen bei Nacht noch ein Steigen oder Fallen des Barometers erfolgt sei. — Da es der Fall sein kann, daß der Physiker in einer bedeutenden Höhe oder Tiefe die Beobachtung nicht selbst anstellen kann, so hat Changeux*) zwei Barometer vorgeschlagen, das eine zum Messen unzugänglicher Tiefen, das andere zum Selbstmessen der Höhen. Beide sind Heberbarometer, ersteres mit einer oben, letzteres mit einer unten angebrachten, seitwärts gehenden Röhre (s. beistehende Figur). Sinkt das Queckſilber, so fällt so viel in die Röhre b, daß das ursprüngliche Niveau bei a wiederhergestellt wird. Ebenso ist es beim Steigen desselben. Wird das Barometer wieder an den ersten Beobachtungsort gebracht, so zeigt die Menge des ausgelaufenen Queckſilbers den Unterschied der Längen der Queckſilbersäule und hiernach die Höhen.



Ein geschickter Glasbläser, Geißler in Bonn, hat, wie Bischof**) berichtet, ein Maximum-Barometer und ein Minimum-Barometer hergestellt, welches die Eigenthümlichkeit hat, daß es die Veränderungen im Luftdruck hörbar macht. Das Maximum-Barometer ist im Wesentlichen ein oben in die Torricelli'sche Leere eines zweiten Barometers mündendes Gefäßbarometer. Das beim Steigen des Barometers auslaufende Queckſilber fällt in Tropfen herab, welche einen metalliſch schallenden Ton erzeugen. Das Minimumbarometer dagegen ist im Wesentlichen ein Heberbarometer, aus dessen kürzerem Schenkel das Queckſilber beim Sinken des Instrumentes in Tropfen ausläuft, und da hier die Tropfen in einem lufterfüllten Raume fallen, so ist ihr Klang dumpf und kaum hörbar, doch wird derselbe durch ein trichterartiges Gefäß aufgefangen, welches von den fallenden Tropfen erschüttert und an die Wände des zur endlichen Aufnahme des Queckſilbers bestimmten Gefäßes angeschlagen wird, so daß ein klirrender Ton sich ausbildet. Das Ganze ist und bleibt aber eine Spielerei ohne wissenschaftlichen Werth, weil, wie günstig sich auch Bischof über dasselbe ausspricht, die ganze Vorrichtung zu wenig bewährt ist, um zuverlässig zu sein, weil die Erhaltung des circulirenden Queckſilbers unmöglich und das Instrument also

*) Journ. de Phys. T. XXII. p. 387.
**) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 357.

hohen Grade vergänglich ist, d. h. nach kurzer Zeit unbrauchbar werden muß, wenn es auch gelungen wäre, dasselbe ursprünglich fehlerfrei herzustellen. Beide Instrumente, wie vorgeschlagen, mit einer selbstregistrirenden Vorrichtung zu verbinden, ähnlich dem Apparate von Changeux, wäre vollkommen absurd, da man im glücklichsten Falle nichts erreichte, als daß man durch Combination zweier complicirten Apparate mit einem Uhrwerke eine Vorrichtung herstellte, welche dieselben Mängel hätte, die das zehnmal einfachere Instrument von Changeux hat.

In neuester Zeit hat G. A. Schultze *) ein selbstregistrirendes Barometer angegeben, welches eine Verbesserung des oben (S. 698) beschriebenen Barometrographs von Changeux, aber noch complicirter als dieser, und daher noch weniger brauchbar ist. Vom Schwimmer geht ein Faden um eine Rolle, welche den Zeiger in Bewegung setzt, durch den die Notirung des Barometerstandes geschieht. Die Rolle ist aus zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzt, um eine Compensation zu erhalten, durch welche die störenden Einflüsse der Temperaturveränderung auf den Gang der Vorrichtung unschädlich gemacht werden sollen.

Nachdem man am Barometer die Beobachtung gemacht hat, ist es noch nöthig, verschiedene Correcturen vorzunehmen. Zunächst ist von großem Einfluß auf die jedesmalige Länge der Säule außer der Schwere der Luft die Temperatur, in welcher sich das Barometer während der Beobachtung befindet. Wie alle Körper dehnt sich auch das Quecksilber durch die Wärme aus, auf welcher Eigenschaft desselben seine Benutzung zur Herstellung von Thermometern beruht. Da man nun durch das Barometer allein die Schwere der Luft erkennen will, so ist es nöthig, daß man den Einfluß, welchen die Wärme auf die Länge der Quecksilbersäule hat, berechne und das Resultat von dem der unmittelbaren Beobachtung der Länge der Quecksilbersäule abziehe oder zu demselben hinzusetze.

Jedes gute Barometer muß daher mit einem Thermometer versehen sein, welches so nahe als möglich an die Barometerröhre angebracht ist. Vollkommen genau giebt nur ein in das Quecksilber des Barometers selbst getauchtes Thermometer die Temperatur des Quecksilbers an **). Durch Dulong und Petit ist die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme genau gefunden worden, gleich ,0180180, welches $= \frac{1}{5550}$ für 1° C.; $\frac{1}{4440}$ für 1° R.; $\frac{1}{9990}$ für 1° F. ***).

*) Pogg. Ann. Bd. LXXVI. S. 604.

**) Kämtz bemerkt in seiner Abhandlung von den Schwankungen des Barometers, Meteorologie Bd. I. S. 230 ff., daß nach seinen Beobachtungen und nach denen von Friedrich Hoffmann das Barometer ungleich schwerer seine Temperatur ändere als das Thermometer, daher man leicht zu unrichtigen Resultaten komme, wenn man bei der Reduction des Barometerstandes auf eine bestimmte Normaltemperatur von der Voraussetzung ausgehe, daß das Quecksilber des Barometers genau dieselbe Temperatur habe wie das des Thermometers. Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt in der größeren Quantität des Quecksilbers im Barometer und in der sonstigen Einrichtung desselben verglichen mit dem Thermometer. Bei diesem sind alle Vorkehrungen getroffen, daß sich die Wärme dem Quecksilber so schnell als möglich mittheile, seine kleinere Masse Quecksilber ist schneller gleichmäßig erwärmt und erkältet als die größere des Barometers. Bei Gefäßbarometern ist es leicht (wie bei dem von Rosenshausen), die Kugel des Thermometers in das Quecksilber des Barometers selbst einzutauchen, wodurch wenigstens zum großen Theil der eben gerügte Uebelstand sich heben läßt.

***) Vergl. d. Art. Ausdehnung des Quecksilbers, S. 589 dieses Bandes.

Es ist nun nothwendig, die Barometerbeobachtungen auf eine bestimmte Temperatur zu reduciren, auf welche, ist an sich gleichgültig, muß aber jedesmal bestimmt angegeben werden. Gewöhnlich pflegt man auf 0° zu reduciren. Bezeichnet b den bei einer Temperatur t beobachteten Barometerstand, b' den Barometerstand bei einer Temperatur t', und soll der Barometerstand b auf diese Temperatur t' reducirt werden, so ist

für das hunderttheilige Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{5550}[t'-t]\right)$,

für das Reaumur'sche Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{4440}[t'-t]\right)$,

für das Fahrenheit'sche Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{9990}[t'-t]\right)$.

Geschieht die Reduction auf den Gefrierpunkt, ist also $t' = 0$, so ist

für das hunderttheilige Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{5550}t\right)$,

für das Reaumur'sche Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{4440}t\right)$,

für das Fahrenheit'sche Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{9990}t\right)$.

Gesetzt, der Barometerstand sei 333‴,5, das Thermometer stehe auf 20° R., so wird $b' = 333‴,5\left(1 - \frac{1}{5550}.20\right) = 333‴,5 - 1‴,5 = 332‴,0$. Wäre dagegen die Temperatur −20° R. gewesen, so wäre $b' = 333‴,5\left(1 + \frac{1}{5550}.20\right) = 333‴,5 + 1‴,5 = 335‴,0$. Um die jedesmalige Rechnung bei der Reduction zu ersparen, sind Tafeln berechnet worden, welche für jeden beliebigen Stand des Barometers und Thermometers die zu subtrahirenden oder zu addirenden Größen enthalten. Solche Tafeln sind berechnet von Schlögl*), Winkler**) und Weiße***), jedoch mit übertriebener Genauigkeit. Eine kurze derartige Tabelle bis zu Temperaturdifferenzen von 10° und für Barometerhöhen von 200m bis 350m hat Kämtz †) veröffentlicht. Für Millimeter und hunderttheilige Grade theilt Muncke folgende Tabelle mit, zur Reduction des Barometerstandes auf 0° C.

---

*) Schlögl, tabulae pro reductione quorumvis statuum barometri. Monach. 1787. 4.

**) C. L. G. Winkler, Tafeln um Barometerstände ꝛc. auf jede beliebige Normaltemperatur zu reduciren. Halle 1820. 4.

***) Weisse, Tafel zur Reduction der Barometerhöhen.

†) Repertor. von Brandes. Art. Barometer. — Kaßner's Meteorologie. Bd. III. S. 292.

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,072	0,144	0,216	0,288	0,360	0,432	0,504	0,577
410	0,074	0,148	0,221	0,295	0,369	0,443	0,516	0,591
420	0,076	0,152	0,227	0,302	0,378	0,454	0,529	0,606
430	0,078	0,155	0,232	0,309	0,387	0,465	0,540	0,620
440	0,079	0,158	0,238	0,316	0,396	0,476	0,554	0,635
450	0,081	0,162	0,243	0,324	0,405	0,486	0,567	0,649
460	0,083	0,166	0,248	0,331	0,414	0,497	0,580	0,663
470	0,085	0,170	0,254	0,338	0,423	0,508	0,593	0,678
480	0,087	0,173	0,259	0,345	0,432	0,519	0,605	0,692
490	0,088	0,176	0,264	0,352	0,441	0,530	0,618	0,707
500	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450	0,540	0,630	0,721
510	0,092	0,184	0,275	0,367	0,459	0,551	0,642	0,735
520	0,094	0,188	0,281	0,373	0,468	0,562	0,655	0,750
530	0,096	0,191	0,287	0,380	0,477	0,573	0,667	0,764
540	0,098	0,194	0,292	0,387	0,486	0,584	0,680	0,779
550	0,099	0,198	0,297	0,396	0,496	0,594	0,693	0,793
560	0,101	0,202	0,302	0,403	0,504	0,605	0,705	0,807
570	0,103	0,206	0,308	0,410	0,513	0,616	0,718	0,822
580	0,105	0,209	0,313	0,418	0,522	0,627	0,730	0,836
590	0,106	0,212	0,319	0,425	0,531	0,638	0,743	0,850
600	0,108	0,216	0,324	0,432	0,540	0,648	0,757	0,865
610	0,110	0,220	0,330	0,439	0,549	0,659	0,769	0,879
620	0,112	0,224	0,335	0,446	0,558	0,670	0,781	0,894
630	0,115	0,227	0,341	0,454	0,567	0,681	0,794	0,908
640	0,116	0,230	0,346	0,461	0,576	0,692	0,807	0,922
650	0,117	0,234	0,351	0,469	0,585	0,702	0,819	0,937
660	0,119	0,238	0,356.	0,476	0,594	0,713	0,831	0,951
670	0,121	0,241	0,362	0,484	0,603	0,724	0,844	0,966
680	0,123	0,245	0,367	0,491	0,612	0,735	0,856	0,980
690	0,124	0,249	0,373	0,498	0,621	0,746	0,869	0,995
700	0,126	0,252	0,378	0,505	0,631	0,757	0,883	1,009
710	0,128	0,256	0,383	0,512	0,640	0,768	0,896	1,023
720	0,130	0,259	0,389	0,520	0,649	0,779	0,908	1,038
730	0,132	0,263	0,394	0,527	0,658	0,790	0,921	1,052
740	0,134	0,267	0,400	0,534	0,667	0,800	0,933	1,067
750	0,135	0,270	0,405	0,541	0,676	0,811	0,946	1,081
760	0,137	0,274	0,410	0,548	0,685	0,822	0,959	1,095
770	0,139	0,277	0,416	0,556	0,694	0,833	0,971	1,110
780	0,141	0,281	0,421	0,563	0,703	0,844	0,984	1,124
790	0,143	0,284	0,427	0,570	0,712	0,855	0,997	1,139

des cylindrischen Gefäßes und der Röhre sind so berechnet, daß die Capillardepression des ringförmigen Meniscus m m' im Gefäße beinahe die der Röhre aufhebt. Wo indeß eine große Genauigkeit verlangt wird, muß man diese Depression besonders berichtigen. Dazu giebt Delcros eine Tafel, welche von ihm nach den Formeln von Schleiermacher berechnet worden, und welche ich weiter unten mittheilen werde.

Romershausen *) theilt zugleich mit seinem (S. 662) beschriebenen Apparate zu Auskochung der Barometerröhren eine umständliche Beschreibung seines Spiegelbarometers mit, welche wir vollständig mittheilen, weil sie namentlich denen, welche entfernt von einer tüchtigen mechanischen Werkstatt wohnen, Anleitung giebt, sich ein Instrument selbst anzufertigen, welches wenigstens die gewöhnlichen Barometer an Genauigkeit übertrifft.

In beistehender Figur ist e der lange und b der kurze Schenkel dieses Barometers, t das die Queckſilbertemperatur anzeigende Thermometer und a ein kleiner, mit einem Kolben verſehener Stiefel von Glas. Alle diese Röhren sind durch ein Parallelepipedum von einem recht dichten und harten Holze M in Verbindung gesetzt. Zu dem Ende wird letzteres mit folgenden Bohröffnungen versehen: 1) Die horizontale bis zu g hindurch laufende Oeffnung c, welche die Communication der Röhren ꝛc. bezweckt. 2) Die senkrecht auf vorige treffenden Oeffnungen, m für den kurzen Schenkel, p für den langen Schenkel und die weitere g für das in das Queckſilber versenkte Thermometer. 3) Die Oeffnung a für den Glasſtiefel, welcher zugleich als Queckſilberbehälter dient. Man bohrt diese Oeffnungen am beſten auf der Drehbank vermittelſt eines ſogenannten, den Durchmeſſer der Röhren um etwas überſteigenden Centrumbohrers, wodurch ſie ſowohl recht glatt, als vollkommen auf einander treffend erhalten werden. Das Innere dieſer Höhlungen tränkt und überzieht man alsdann mit einer ſtarken, klaren Fiſchleimauflöſung, wodurch dieſelben ſowohl an Dichtigkeit, als an glasartiger Glätte gewinnen. Zu dem Stiefel a wählt man ein etwa 4 bis 5 Linien im Durchmeſſer haltendes und $2^1/_2$ Zoll langes vollkommen cylindriſches Stückchen einer ſtarken Glasröhre, deren Ränder man ſauber abſchleift und unterhalb etwas weniges an der Lampe erweitert und glättet. Am äußern Umfange wird hingegen das Glas mit einer ſcharfen Feile geritzt und rauh gemacht und mit einigen Lagen feinen Papiers oder dünner Kalbsblaſe vermittelſt guten Fiſchleims dicht überzogen. Wenn dieſer Ueberzug völlig trocken iſt, ſo bearbeitet man ihn mit der Feile ſo weit, daß die Röhre genau ſchließend in ihre Holzöffnung einpaßt, woſelbſt ſie alsdann mit einem neuen Leimanſtrich ſorgfältig eingefügt wird. Der für dieſen Stiefel beſtimmte Kolben a beſteht aus einem Stückchen recht feinen dichten und elaſtiſchen Korkes. Es wird durchbohrt und zwiſchen zwei an dem Schraubenſtift d angebrachten eiſernen Scheibchen b a feſt aufgeſchraubt, mit einem Meſſer ziemlich rund zugeſchnitten und auf der Drehbank völlig paſſend abgedreht. Man erlangt dieß am leichteſten durch ein recht ſcharfes Raſirmeſſer, indem man die Schneide deſſe-

*) Pogg. Ann. Bd. IV. S. 340.

ben faſt ſenkrecht auf die Drehungsfläche anſetzt. Auf dieſe Weiſe erhält man den Kolben vollkommen glatt und rund; die Anwendung der Feile muß hingegen vermieden werden, da ſie den Umfang nur faſerig und nie ganz glatt darſtellen kann. Der Kolben muß ſich in der Röhre etwas preſſen und vollkommen dicht ſchließen; da die Bewegung deſſelben vermittelſt einer Schraubenvorrichtung bewirkt wird, ſo hat ſie auch bei dem dichteſten Schluß keine Schwierigkeit. Die Kolbenſtange iſt unterhalb des Kolbens, ſo weit als die Linie ihrer Bewegung reicht, vierkantig gearbeitet und läuft daſelbſt in der gleichförmigen Oeffnung des an dem unten vorſtehenden Brete befeſtigten Meſſingſtücks r, welches zugleich den Stiefel verſchließt und bewirkt, daß ſich der Kolben nicht drehen, ſondern nur auf und nieder ſteigen kann. Weiter nach unten bildet alsdann die Kolbenſtange eine Schraube, welche durch die unter dem Brete frei hervorragende Fingerſchraube bewegt wird, indem dieſe ſich in einem Falze dreht und ſo den Kolben auf- und niederzieht. Alle mit dem Queckſilber in Berührung kommende Metalltheile müſſen von Eiſen oder Stahl gefertigt werden; ſie werden gut polirt und gegen das Roſten mit dem Anſtriche eines harten Bernſteinfirniſſes verſehen. Iſt die Vorrichtung ſo weit vorgeſchritten, ſo wird das in Hinſicht ſeiner Scale bereits vollkommen berichtigte Thermometer bei g eingeſetzt. Die Röhre wird zu dem Ende zunächſt über der Kugel ganz wie der Glasſtiefel behandelt, mit einem Streifen Blaſe verſehen und in einem Kork recht feſt verleimt. Der Kork wird für die ihm beſtimmte Oeffnung rund und paſſend zugeſchnitten, ſo daß ſein Durchmeſſer den der Kugel um etwas überſchreitet, damit die Kugel ohne anzuſtoßen allenthalben vom Queckſilber des Barometers umgeben iſt. Mit dieſer Vorſicht ſetzt man nun den Kork mit Leim in die Oeffnung ein und verſchließt alsdann auch die Bohröffnung c des Holzſtücks entweder mit einer paſſenden Holzſchraube oder einem Kork, welchen man eingeleimt. Wir wenden uns nun zur Anfertigung der Barometerröhren b und e. Man wählt beide etwa von einem innern Durchmeſſer von $1^1/_2$ Linie. Es iſt indeſſen nicht unumgänglich nothwendig, daß beide von völlig gleichem Durchmeſſer ſind, wenn dieſes Verhältniß nur nicht auffallend abweicht. 1) Der lange Schenkel ep. Man nimmt dazu eine reine, wenn auch nicht gleich weite oder vollkommen cylindriſche Glasröhre von 35 Zoll Länge. Sie wird an dem Ende wo ſie in das Holz geleimt werden ſoll, glatt geſchmolzen, und wie die übrigen Röhren mit Blaſe überzogen, welche mit der Feile für ihre Oeffnung vollkommen paſſend gemacht wird. Alsdann wird ſie gut gereinigt und am Ende e halbkugelförmig zugeſchmolzen; es iſt wichtig, daß dieſer Verſchluß nie kegelförmig geformt ſei, und dagegen vorzuziehen, daß die Halbkugelform unmerklich über den Durchmeſſer der Röhre hervortritt. Die Röhre wird nun vermittelſt eines Bindfadens am Kochapparate (ſ. Fig. S. 662) bei r aufgehängt, erhitzt und mit reinem, gleichförmig erhitzten und wohlgetrockneten Queckſilber durch einen feinen Papiertrichter gefüllt und alsdann nach obiger Anleitung aufs vollkommenſte ausgekocht. 2) Der kleine Schenkel bm. Man wählt dazu ein recht feines und vollkommen cylindriſches Röhrſtückchen, welches auch keine Schwierigkeit hat, da es nur etwa 8 Zoll lang zu ſein braucht. Es muß zu dem Ende aufs ſorgfältigſte calibrirt werden. Es wird nun am untern Ende m glatt geſchmolzen und oben bei b mit einem etwas erweiterten Rande verſehen. Unten bei m wird dieſe Röhre ganz wie die übrigen behandelt, mit Blaſe umklebt und recht feſt in die Bohröffnung eingeleimt. Um nun auch den ausgekochten langen Schenkel bei p

einzuleimen, kehrt man M so herum, daß b und t nach unten kommen und die Oeffnung r des Stiefels nach oben steht. Das Instrument bleibt in dieser Lage hängen, bis Alles vollkommen trocken geworden ist, alsdann schreitet man zur vollendeten Füllung desselben. Zu diesem Zwecke schraubt man das Parallelepipedum M an das bereits vorgerichtete Barometerbret, wo dasselbe bis an die Röhren eingelassen ist, und befestigt die Röhren einstweilen nur oberflächlich mit einem Faden am Brete, um sie vor Zerbrechung zu schützen. Man schiebt jetzt in den kleinen Schenkel b einen an einem Eisendraht befestigten Stöpsel bis an seine Mündung m hinauf, damit diese Röhre ganz verschlossen ist. Nun gießt man von oben durch den offenen Stiefel a so viel reines und trockenes Queckſilber ein, daß derselbe etwa bis zu $^2/_3$ seiner Länge angefüllt ist, wobei man durch Erschütterung und vermittelst eines Drahtes alle Luft aus der innern Höhlung auszutreiben sucht. Alsdann drückt man den Kolben nur so tief in den Stiefel a, daß derselbe dadurch geschlossen ist, und neigt nun die Vorrichtung nachgerade zur Seite, so daß das Bret horizontal liegt und die schmale Kante n nach unten gekehrt ist. Bei dieser Lage steigt die zwischen dem Kolben und dem Queckſilber im Stiefel eingeschlossene Luft in den Raum unter c hinauf, welches man durch einige Erschütterung leicht vollständig bewirkt. Wenn man jetzt den Stöpsel aus dem kleinen Schenkel b auszieht, das Barometerbret bei seinem Obertheile e etwas hebt und zugleich den Kolben tiefer in den Stiefel einschiebt, so treibt das in m b aufsteigende Queckſilber den unter c befindlichen Rest der Luft vor sich her. Hat das Queckſilber auf diese Weise im kleinen Schenkel die Länge der Scale überschritten, so kann man das Barometer ohne Sorge aufhängen und die Füllung ist vollendet. Man befestigt nun die Vorrichtungen d und r und die Röhren selbst mit gefütterten Messingen am Brete, auch fügt man sogleich die Barometer- und Thermometer-Scale hinzu. Die richtige Stellung der letztern geschieht nach den zuvor an der Thermometerröhre gemachten Merkzeichen, die Berichtigung der erstern aber wird auf folgende Art bewirkt. Hat man ein anderes gutes Heberbarometer zur Hand, so schraubt man den Kolben vermittelst der Fingerschraube d so weit herab, daß das Queckſilber in dem kleinen Schenkel b auf der Scale einen gleichen Stand mit dem Heberbarometer angiebt. Bei diesem Verfahren wird nun auch die Queckſilbersäule im langen Schenkel e bis zu einem gewissen Punkte w herabsinken, welcher für die Folge der Normalpunkt des feststehenden Niveau's ist. Man bezeichnet denselben einstweilen nur dadurch, daß man hier ein, mit einem feinen Querstrich versehenes Kartenpapier unter die Röhre schiebt, und läßt die Vorrichtung so einige Tage ruhen, während man den fernern Gang beobachtet und vergleicht. Dieß erfordert, wegen einiger Senkung des Queckſilbers ꝛc., die folgende genaue Berichtigung des Niveau's. Zu dem Ende trägt man auf eine mit dem langen Stiefel genau parallel aufwärts gezogene Linie, vermittelst eines sichern Cirkels, auf die Theilpunkte 28″ der Scale sorgfältig 28 Par. Zolle aufwärts und zieht durch den Endpunkt dieser Linie eine darauf senkrechte quer über das Bret, welche nun die normale Lage für das Niveau bezeichnet. s ist ein kleiner Metallspiegel von der Höhe eines Zolles, welcher auf eine Messingplatte verlöthet und zur Seite der Röhre e, in einer Neigung von 45 Grad gegen die Niveaulinie und zwar so geschraubt wird, daß sowohl seine Fläche senkrecht auf dem Brete steht, als auch die Niveaulinie seine Mitte trifft. An dem Punkte, wo diese Linie den Spiegel berührt, wird alsdann auf der Spiegelfläche eine sehr feine Linie aufwär[illegible]

enkrecht auf dem Brete ſtehend eingeriſſen. Das Niveau w n beſteht aus einem aubern Silber- oder Elfenbeinblättchen, auf deſſen Mitte eine feine ſchwarze Linie ezeichnet iſt, die ſich, wie ſchon bemerkt, an die Linie der Spiegelfläche genau anchließt. Die Form dieſes Niveaublättchens leuchtet aus der Zeichnung ein; es wird nach vollkommener Berichtigung mit der auf dem Brete bemerkten Linie unverrückbar angeſchraubt. Das Barometer würde nun in ſeiner einfachſten Geſtalt vollendet ſein, wenn man ihm nicht noch einige paſſende Verzierungen geben will; o kann man z. B. dem unterhalb M vorſtehenden Theil des Bretes bei r, welcher en Mechanismus der Kolbenbewegung enthält, in gleicher Höhe mit M verdecken, odurch zugleich das Eindringen von Staub in den Stiefel a verhütet wird ꝛc. Die Scale des Barometers hat aus oben angegebenen Gründen eine der gewöhnlichen entgegengeſetzte Sprache. Sie iſt in Zwölftheile der Linie getheilt, welche an bei dem Gebrauch einer Lupe noch halbiren kann. Wer indeſſen andern ünſtlichen Vorrichtungen zu genauerer Maßbeſtimmung mehr Vertrauen ſchenkt, nn dieſelben leicht mit der Scale in Verbindung ſetzen. Romershauſen gt, er meſſe ohne dieſelben ſchneller und ſicherer, indem er den Stand der Queckberſäule nicht nach der obern Wölbung derſelben, ſondern nach ihrer Baſis beimmt, welche bei einer gut gewählten Röhre und richtiger Beleuchtung durch einen harfen Schatten in derſelben nicht allein den Horizontalſtand des Auges berichtigt, ndern auch den genaueſten Schnitt erlaubt. Das zu beobachtende Spiegelbaroeter wird ſo aufgehängt, daß ſich die Scale in der Augenhöhe des Beobachtenden ründet und die vordere Spiegelfläche dem Lichte zugekehrt iſt. Bei der Beobachtung faßt man die Schraube d und ſieht aufwärts in den Spiegel s, wo man die Queckſilberſäule aufs ſchärfſte durch den reflectirten Niveauſtrich geſchnitten erblickt, indem das Bild derſelben in der Richtung x herab und zugleich in einem Winkel von 45 Grad vor das Bret reflectirt wird. Man richtet dabei das Auge ſo ein, daß das reflectirte Niveau die zarte Linie im Spiegel deckt, wodurch jeder Fehler in der Viſirlinie unmöglich wird. Durch Bewegung der Schraube d hebt oder ſenkt ſich nun die Queckſilberſäule, man kann ſie daher, wegen der Länge der Richtungslinie, auf einen Blick aufs ſchärfſte und genaueſte in das Niveau einrichten. Nun lieſt man den Stand des Barometers auf der dem Auge gegenüberliegenden Scale ab. Die in nebenſtehender Figur nach einem größern Maßſtabe beſonders dargeſtellte Vorrichtung ſchützt endlich das Barometer bei dem Transporte gegen Beſchädigung. b iſt ein Stück des kleinen Schenkels b m (ſ. Fig. S. 690) und n a eine gewöhnliche feine Thermometerröhre von zureichender Glasſtärke. Bei K wird eine ſtarke Kugel angeblaſen, welche oberhalb nach a zu in eine feine Spitze ausgezogen wird. Die untere Mündung n wird etwas erweitert und auf bekannte Weiſe mit Blaſe überzogen und in ein Stückchen Kork eingeleimt, welches, wie die Figur zeigt, in einen in die Schenkelröhre genau paſſenden Kolben verwandelt wird. Die untere etwas ausgehöhlte Fläche dieſes kleinen Kolbens überzieht man mit einer Lage Fiſchleim, um ſie völlig glatt herzuſtellen. Bei engern Röhren kann man ſich auch anſtatt des Korkes eines ſtarken elaſtiſchen Lederſtückchens bedienen. Der Gebrauch dieſer Vorrichtung iſt nun folgender: Wenn das Barometer transportirt werden ſoll, ſo ſchraubt man den Kolben a (ſ. Fig. S. 690)

ſo weit nach oben, daß das Queckſilber im langen Schenkel oben bei e dicht anſchließt und im kurzen über die Scale hinaufſteigt; alsdann drückt man den kleinen Kolben n, wie die vorhergehende Figur deutlich macht, dicht auf das Queckſilber herab; die zwiſchen beiden befindliche Luft entweicht dabei völlig durch die Röhre n a und das Queckſilber ſteigt bis in die Kugel K hinauf. Auf dieſe Weiſe iſt nun, wegen des Gegendruckes dieſer Queckſilberſäule in n K, das Barometer vollkommen gegen das Eindringen von Luft geſichert. Dehnt die Wärme das Queckſilber des Barometers aus, ſo ſteigt es in die Kugel K hinauf, zieht hingegen die Kälte es zuſammen, ſo ſinkt es aus der Kugel nach. Das Schwanken der Queckſilberſäule iſt durch die Feinheit der Röhre verhindert. Nachdem das Barometer an Ort und Stelle aufgehängt iſt, zieht man die kleine Kolbenröhre wieder etwas in die Höhe, wobei der Luftdruck ſämmtliches Queckſilber wie der in b herabtreibt und die Luft alsdann nachfolgt. Jetzt ſchraubt man den langen Schenkel auf das Niveau und es kann nun die Beobachtung geſchehen. Dieſe kleine Vorrichtung n k a bleibt zum Schutze gegen Staub ꝛc. mit dem Barometer verbunden; ſie wird zu dem Ende über b (ſ. Fig. S. 690) in der Richtung der Linie x mit beleder. Meſſinghülſen befeſtigt, worin ſie ſich ſtetig und ſicher auf und nieder ſchieben läßt. — Wer das hier beſchriebene Spiegelbarometer ganz von Glas und ohne Holzfaſſung anfertigen will, findet in Fig. I. und II. einige zweckmäßige und leicht ausführbare Formen. Dieſe Einrichtung hat mehrere Vorzüge und iſt jedem in der Glasblaſekunſt Geübten von ſelbſt verſtändlich. Das Inſtrument hat übrigens allerdings einige bedeutende Uebelſtände, namentlich die Einrichtung der Scale, welche zugleich aus Holz und Metall beſteht, und den Umſtand, daß auf dieſes Barometer nur der Stand eines andern, als richtig angenommenen, übertragen wird. Auch iſt es gegen die allgemeine und richtigere Annahme, daß Romershauſen die Queckſilberfläche von da ab mißt, wo ſie die Glaswand berührt, und nicht vom höchſten Punkte ihrer Wölbung, da gerade die mittleren Theile der Queckſilberſäule ungehinderter durch die Haarröhrchenanziehung des Glaſes ihren Stand dem Drucke der Atmoſphäre gemäß annehmen können.

I. II.

Zu den ausgezeichnetſten Barometern gehören die aus der Werkſtatt von Piſtor und Schieck hervorgegangenen. Ein ſolches beſchreibt Dove*).

Von einem 4 Zoll breiten und $3^1/_2$ Fuß langen Mahagonybret, durch tief in die Mauer eingelaſſene und (wie gewöhnlich vermittelſt eines Schwalbenneſtes) eingegypſte Schrauben wohl befeſtigt, gehen zwei ſtarke, 6 Zoll lange eiſerne Arme aus, deren unterer an einem Ende eine coniſche Pfanne trägt, der obere hingegen in einem Ring endigt. Die Pfanne nimmt das in einen coniſchen Zapfen endende Inſtrument auf und trägt die Laſt deſſelben, der obere Endſtift des Inſtruments geht durch den Ring des obern Armes und iſt mit einem Charnier verſehen. Vermittelſt vier Stellſchrauben kann dieſer Stift ſo lange verſtellt werden, bis di

*) Repertorium der Phyſik von Dove ꝛc. Bd. II. S. 31.

Scale abgelothet ist. Hebt man das Barometer aus der Pfanne, um das Queckſilber durch Neigung in Bewegung zu verſetzen, ſo wird es oben durch eine über den Ring greifende Platte gehalten, welche bei dem Aufſtellen, nachdem der Stift durch den Ring geſteckt worden, eingeſchraubt wird. Die durchgängig 7 Linien weite Glasröhre iſt in der Mitte ſo gebogen, daß die Queckſilberkuppe des Torricelliſchen Vacuums mit der Queckſilberkuppe im offenen Schenkel in derſelben Verticallinie liegt. Die Ableſung der Niveaudifferenz beider geſchieht vermittelſt zweier achromatiſcher mit Fadenkreuzen verſehener Mikroſkope, von denen das eine feſte dem Nullpunkte der Meſſingſcale entſpricht, das andere ſich auf derſelben verſchiebt. Dieſe $11\frac{1}{2}$ Linien breite Scale verſchiebt ſich mit Reibung auf einem $1\frac{1}{2}$ Zoll breiten Meſſinglineal zwiſchen vier Paar auf derſelben befeſtigten rechtwinkelig etwas übergreifenden Anſätzen. Am unteren Ende dieſes Lineals befindet ſich die Schraubenmutter der mikrometriſchen Schraube des untern Mikroſkopes, deren Stift, $1\frac{1}{2}$ Zoll weit als Schraube geſchnitten, noch 8 Zoll weiter reicht und durch die dicht über dem feſten Mikroſkop befindliche Klemme der Scale hindurchgeht, um nach vorläufiger Einſtellung von dieſer feſtgehalten zu werden und dann die feinere Correction durch die Schraube zu geſtatten. Die Einrichtung des obern Mikroſkopes iſt genau dieſelbe, nur mit dem Unterſchiede, daß die Schraubenmutter der Mikrometerſchraube, wie ſich von ſelbſt verſteht, von der Scale, nicht von dem Lineal getragen wird. Die Scale ſelbſt iſt von 25 bis 30 Zoll auf Silber direct in $\frac{1}{3}$ Linien getheilt. Vermittelſt des damit verbundenen Nonius erhält man die Ableſung des obern Mikroſkopes auf ein Hunderttheil Linie. Um aber die Verſchiebung der Scale auf dem Lineal zu erhalten, ſind in der Mitte derſelben noch 1 Zoll ebenſo getheilt, und neben dieſer Theilung auf dem Lineal iſt die getheilte Nониusplatte befeſtigt, welche $\frac{1}{100}$ Linie giebt. Nonius und Scale liegen wie bei dem obern Mikroſkope in einer Ebene; die Ableſung geſchieht vermittelſt einer Ableſungslupe. Durch dieſen Nonius erhält man die Senkung des Queckſilberſpiegels im offenen kurzen Schenkel und kann daher beſtimmen, ob ſie gleich ſei der Erhöhung deſſelben im obern Schenkel der Röhre. Bei vollkommen gleicher Weite der Theile der beiden Schenkel des Barometers, welche von den Queckſilberoberflächen berührt werden, wird die Temperaturveränderung des Queckſilbers nämlich Veranlaſſung zu der Erſcheinung, daß daſſelbe in dem offenen Schenkel nicht um dieſelbe Quantität ſich vermindert als in dem geſchloſſenen. Denkt man ſich von dem untern Niveau eine horizontale Linie die Queckſilberſäule, welche dem Drucke der Luft das Gleichgewicht hält, abſchneidend, und nun bei unverändertem Drucke die Temperatur des Queckſilbers ſich erniedrigend, ſo wird das Sinken dieſer horizontalen Linie die Erniedrigung des untern Niveau's angeben. Die auf dieſer horizontalen Linie ruhende Säule wird nun um ebenſo viel, als dieſe Senkung beträgt, herabfallen, da ſie ſich aber ebenfalls durch die Temperaturerniedrigung zuſammenzieht, ſo wird ihre obere Fläche außer der Quantität, um welche ſie wegen der Senkung des untern Niveau's fiel, noch um die Quantität der Zuſammenziehung der Säule ſich ſenken. Auf dieſe Erſcheinungen hat neuerdings wieder Buff*) aufmerkſam gemacht. — Durch Aufſchrauben der von dem Inſtrument leicht trennbaren geſammten Meßvorrichtung auf einen wie dieſelbe für 13° R. berichtigten Talon à traits kann man ſich überzeugen, ob die auf 28 Zoll der Scale geſchehene

*) Pogg. Ann. Bd. XXXI. S. 266.

Einstellung der Fadenkreuze der Mikroskope genau den Parallelstrichen der Silberplatten des Etalons entspricht. In der hölzernen Fassung des Barometers befindet sich das Thermometer für die Ausdehnung des Queckſilbers, mit ſeiner Kugel in einer mit Queckſilber gefüllten Röhre von gleichem Durchmeſſer, als die Barometerröhre. Auf der Mitte der Scale ſenkrecht auf die Ebene derſelben iſt das Thermometer für die Ausdehnung der Scale angebracht, ſeine Kugel iſt mit Meſſing umgeben. Die Scalen beider ſind von Elfenbein, um leicht gegen einen hellen Grund abgeleſen zu werden. An den Ständern beider Mikroſkope befinden ſich meſſingene Abblendungen, welche, wenn ſie vorgelegt werden, die hell beleuchtete Grenze der Queckſilberkuppe ſcharf auf dem dunkeln Grunde abſchneiden. Dieſe Kuppe iſt nun bei allen Barometern in dem mit Luft theilweiſe erfüllten Schenkel viel convexer als im Vacuum, aber in demſelben ebenfalls noch ſehr deutlich convex, auch hat ſich dieſe Krümmung in zwei Jahren nicht merklich geändert. Da nach langer Zeit an den Stellen, wo das Glas im kürzeren Schenkel fortwährend mit Luft und Queckſilber abwechſelnd in Berührung kommt, die Durchſichtigkeit deſſelben etwas vermindert werden kann, ſo iſt anzurathen, neben dem Barometer eine kleine Beleuchtung an der Wand anzubringen, welche das aus der Pfanne gehobene ſtark gemachte Inſtrument zu den Zeiten unterſtützt, wo man keine Beobachtungen daran anſtellt.

Von beſonderem Vortheil iſt das Barometer zur See, indem es hier ſicherer als Wetterverkündiger zu brauchen iſt, als auf dem feſten Lande, wo Gebirge, Wälder, Sümpfe ꝛc. ihren Einfluß äußern. Wegen der fortdauernden Bewegung, in welcher ſich ein Schiff befindet, iſt es indeſſen ſchwer, das Barometer vor dem Zerſchelltwerden durch das anſchlagende Queckſilber zu ſchützen. Ehemals bediente ſich die franzöſiſchen Schiffe des von Blondeau *) vorgeſchlagenen eiſernen Barometers (ſ. nebenſtehende Figur), welches, auch zum Transporte eingerichtet, auf Deluc's Art verſchloſſen werden kann. Wo der längere Schenkel bb in das Verbindungsſtück eingeſchroben wird, da iſt die Oeffnung b beträchtlich verengert, um die Schwankungen zu vermindern und das Eindringen der Luft bei der Zuſammenſetzung zu vermeiden. Der Hahn g iſt ſehr eng durchbohrt und kann außerdem nach Gefallen weniger geöffnet werden, um die Schwankungen möglichſt zu vermindern. Gegen den Einfluß der Ausdehnung des Queckſilbers durch Wärme iſt der Fortſatz des Verbindungsſtückes cd mit einer Blaſe überbunden, gegen welche vermittelſt der Feder ef ein Polſter gedrückt wird. Wegen der Undurchſichtigkeit beider Schenkel dieſes Barometers kann man den Stand des Queckſilbers nicht unmittelbar beobachten; deswegen iſt auf das Queckſilber im kürzeren Schenkel ein Schwimmer von Elfenbein gebracht; von dieſem aus geht ein eiſerner Draht durch die enge Oeffnung bei i und giebt mit dem Knöpfchen k den Barometerſtand an. Ein Schiffsbarometer mit Heberblatt wurde ſchon oben S. 673 angegeben.

Seit Cook iſt allgemein in Gebrauch ein nach Nairne (ſ. S. 676) eingerichtetes Seebarometer, welches nach allen Richtungen frei beweglich aufgehangen wird (ſ. nächſtfolgende Figur). Das Ganze iſt ein Gefäßbarometer mit einer

*) Lichtenberg's Magazin. Bd. I. S. 80.

hölzernen Gefäße, unten mit einem ledernen Beutel und einer Schraube nach Ramsden versehen, um das Niveau damit zu berichtigen, die Röhre in einen hölzernen Cylinder eingeschlossen, welcher gegen Beschädigungen schützt. Die Luft erhält den Zugang nur durch die Poren des hölzernen Gefäßes, wodurch zugleich der Verschüttung des Queckſilbers vorgebeugt iſt. Von der Glasröhre haben nur die oberen 6 Zolle die Weite eines gewöhnlichen Barometers, der übrige Theil aber iſt nur etwa 0,5 Lin. im Lichten weit, ſo daß das Queckſilber bei den Schwankungen des Schiffes mit großer Schnelligkeit und mit Ueberwindung einer bedeutenden Adhäſion den engen Canal durchlaufen muß, um in der weiten Röhre zu ſteigen oder zu fallen, wodurch ſeine Oscillationen bedeutend geſchwächt werden. Von der Röhre ſelbſt ſind nur wenige Zoll ſichtbar, da mit Ausnahme höchſt ſeltener Fälle der Barometerſtand auf der See ſich wenig ändert und ſelten unter 26 Zoll ſinkt. Die Scale iſt in kleine Theile getheilt und wird bei dieſem Barometer am beſten auf die Röhre ſelbſt geätzt, da ſich kein Nonius anbringen läßt. Das Barometer wird in gehöriger Entfernung von der Wand etwas über ſeinem Schwerpunkte zwiſchen zwei Ringen frei ſchwebend aufgehangen, und zugleich iſt ſein oberes Ende mit einem kleinen meſſingenen Knopfe verſehen, wodurch daſſelbe die Eigenſchaft eines langen Pendels erhält und der bedeutenden Schleuderungen des Schiffes ungeachtet keine gleichzeitigen und gleichmäßigen Bewegungen mit demſelben annimmt. Von Zeit zu Zeit tritt ein Stillſtand ein, während deſſen man die Beobachtung anſtellen kann; zuletzt nimmt man aus den während der Oscillationen gemachten Beobachtungen das Mittel. Die Oscillationen betragen übrigens ſelten über einen halben Zoll.

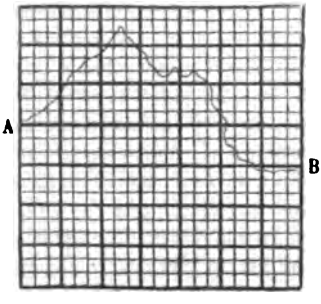
Die Güte eines Barometers hängt beſonders davon ab, daß ſich in der Torricelli'ſchen Leere keine Luft befindet. Um zu unterſuchen, ob dieſes der Fall iſt, darf man nur das Barometer ſo neigen, daß die Queckſilberſäule bis zur oberſten Spitze der Glasröhre emporſteigt. Bleibt hier ein Raum, den das Queckſilber nicht einnehmen vermag, ſo iſt Luft in der Kammer, welche durch ihre eigene Elaſticität dem Drucke der äußeren Luft entgegenwirkt und natürlich deſto nachtheiliger wirkt, je größer ihre Quantität iſt. Wenn man beim ſchnellen Neigen des Inſtrumentes das Queckſilber an den Verſchluß der Glasröhre anſchlagen läßt, ſo giebt das Glas einen hellen, metalliſchen Ton, ſobald keine Luft über dem Queckſilber vorhanden, während, wenn dieſes der Fall iſt, der Ton dumpfer und klangloſer iſt, weil dann der Stoß gegen einen ſehr elaſtiſchen Körper, die Luft, geſchieht. Man darf dieſes Anſchlagen nicht zu ſtark geſchehen laſſen, was bei einer ſchnellen unvorſichtigen Wendung des Inſtrumentes leicht der Fall iſt, weil dann das Queckſilber mit ſolcher Gewalt an die Glasröhre oben anſchlägt, daß ſie zerbricht und das ganze Inſtrument verdorben wird. Will man ein Barometer transportiren, ſo muß man es vorſichtig ſo umlegen, daß das Queckſilber im Rohre bis an deſſen Ende emporſteigt, und zugleich vermeiden, daß Queckſilber aus dem Gefäß oder dem kurzen Schenkel ausläuft. Das Tragen muß ſo geſchehen, daß das Queckſilber nicht hin und her ſchwankt, man muß alſo das letztere ſo abzuſchließen ſuchen, daß es nicht

schwanken kann. Bei den zum Transport bestimmten Instrumenten sind zu diesem Behuf eigene Vorrichtungen getroffen.

Beim Gebrauche des Heberbarometers hat man die Unannehmlichkeit, daß sich in dem kürzeren Schenkel immer nach kurzer Zeit Queckſilberoxyd bildet, welches an die Röhre ſich anhängt. Bei einigen Glasſorten iſt dieſe Anhängung ſtärker als bei anderen. Man muß hier ſtets ein Stäbchen bei der Hand haben, deſſen unteres Ende mit weichem Leder überzogen und ziemlich ſo dick wie die Röhre weit iſt, um mit demſelben die Röhre (nachdem man das Inſtrument ſo weit als nöthig geneigt hat, ſo daß das Queckſilber in das Vacuum hinaufſteigt) auszuwiſchen. Das Stäbchen läßt man oben locker mit Papier umwickelt, nachdem man es in die Höhe gezogen, im offenen Schenkel des Inſtrumentes ſtecken, um einen nicht luftdichten, aber den Staub abhaltenden Verſchluß zu haben. Das Inſtrument muß, wenn man es beobachtet, genau in ſenkrechter Richtung ſtehen. Einige frei aufgehängte Barometer, wie z. B. das von Fortin, nehmen von ſelbſt die ſenkrechte Stellung an; wo dieſes nicht der Fall iſt, muß die Stellung auf die gebräuchliche Weiſe mittelſt des Senkbleies hergeſtellt und berichtigt werden. Zur Benutzung des Barometers zu Höhenmeſſungen muß man, im Fall das Inſtrument nicht mit einem Geſtelle verſehen iſt, wie das Fortin'ſche, einen Haken mit einer Holzſchraube bei ſich führen, den man an einen Baum oder Stock einſchrauben kann, woran man das Barometer aufhängen kann.

In der Regel iſt die Queckſilberoberfläche kugelförmig gebogen (ſ. S. [illegible] Folg.). Man mißt dann nach der Berührungsebene an den höchſten Punkt dieſer gekrümmten Fläche. Bevor man die Beobachtung anſtellt, muß man durch einige Stöße das Inſtrument erſchüttern, damit das Queckſilber ungehindert von der Adhäſion an das Glas ſeinen Stand annehmen kann.

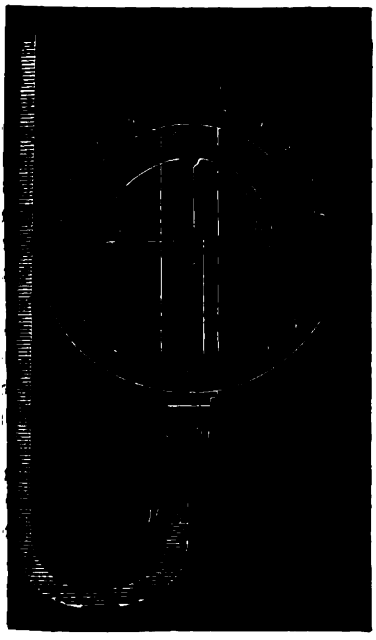
Um ſich die Mühe des Selbſtbeobachtens erſparen zu können, hat man Vorrichtungen erſonnen, bei denen ſich der Stand des Barometers von ſelbſt [illegible], die aber niemals ſcharfe Beobachtungen gewähren. Ein ſolches Inſtrument iſt das Barometrograph (v. d. griech. γράφειν, ſchreiben) von Chang[illegible]. Dieſer beſteht aus einem Heberbarometer nach Hooke's Einrichtung, in deſſen kürzerem Schenkel ein elfenbeinerner Cylinder auf dem Queckſilber ſchwimmt, der daher beim Fallen und Steigen des Barometers abwechſelnd gehoben wird oder herabſinkt. In dem elfenbeinernen Cylinder iſt ein Draht befeſtigt, welcher an dem Ende des Schenkels hervorragt und über einen quer in ihm befeſtigten Bleiſtift trägt. Vor dieſem wird durch eine Uhr ein Cylinder mit der von Muſſchenbroeck**) vorgeſchlagenen Tabelle (ſ. nebenſtehende Figur; die Curve AB bezeichnet das Steigen und Fallen des Barometers) umgeben alle Tage einmal um ſeine Axe herumgedreht, und ſo muß der Bleiſtift den jedesmaligen Barometerſtand ſelbſt in dieſe einzeichnen. Weil aber die Spitze deſſelben ſich abnutzt, leicht abbricht und einen



*) Journ. de phys. T. XVI. p. 325. — Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. I. S. 911.
**) Dissert. phys. Lugd. 1729. 4. p. 673.

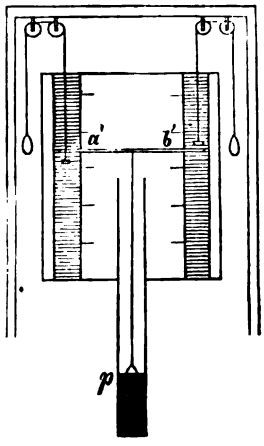
zu starken Druck zum Schreiben erfordert, so änderte Changeux diese Vorrichtung dahin ab, daß er statt desselben einen etwas zugespitzten Drahtstift wählte, welcher alle Stunden durch einen kleinen Hammer gegen die Tabelle geschlagen wurde. Nach 24 Stunden sank der Cylinder um 1 bis 2 Zoll herab und so wurde über dem eingezeichneten Striche ein zweiter verzeichnet und so fort, bis man einen neuen Ueberzug über den Cylinder schob.

Eine andere Vorrichtung von Landriani *) giebt mit Genauigkeit bis auf $^1/_{12}$ Lin. die höchsten und niedrigsten Stände des Barometers (s. nebenstehende Figur). Auf dem kürzeren Schenkel eines guten Heberbarometers schwimmt das Stückchen Holz oder Elfenbein p, welches etwas kleiner im Durchmesser ist als die Barometerröhre. Der Schwimmer trägt einen Eisendraht s und an diesen ist ein über eine Rolle geschlungener und mit dem Gegengewichte r beschwerter Seidenfaden gebunden. An der Axe der Rolle ist das sehr leichte messingene Rad MM befestigt, welches genau balancirt, gezahnt und mit dem Zeiger KK versehen ist. Der Zeiger zeigt den Stand des Barometers, das gezahnte Rad aber bewegt sich unter dem leichten stählernen Hebel z, welcher ihm zwar das Herumdrehen nach einer Seite verstattet, aber nicht den Rückgang; und auf diese Weise zeigt von zwei Barometern, je nachdem die Richtung der Zähne des Rades und des sperrenden Hebels verschieden ist, das eine den höchsten, das andere den niedrigsten Stand.

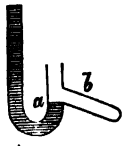


Man sieht leicht, daß es sehr einfach sein würde, nach Muncke **) auf beiden Seiten des Rades zwei, von demselben getrennte, genau balancirte, durch geringe Reibung aber feststehende Zeiger zu befestigen und durch Stifte an beiden Seiten des Rades nach entgegengesetzten Seiten bewegen zu lassen, um an demselben Barometer zugleich den höchsten und den niedrigsten Stand zu messen. Die einzige auf diesen Fall nur durch erfahrungsmäßige Berichtigung zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, die Abtheilungen der äußern getheilten Scheibe vv so zu machen, daß sie dem Stande des Barometers in Zollen und Theilen des Zolls genau entsprechen. Dieses könnte viel leichter noch durch Semple's ***) absence-barometer (Abwesenheitsbarometer) erreicht werden (s. die nachfolgende Figur), oder es vielmehr durch dasselbe gegeben, wenn man annimmt, daß der in der Figur nicht gezeichnete Schenkel des Barometers mit demjenigen völlig gleiche Weite

*) Brugnat. Giorn. T. X. p. 54. Gehler a. a. O. S. 912.
**) Gehler a. a. O.
***) Brugnat. Giorn. T. X. p. 54. Gehler a. a. O.



hätte, auf welchem der Schwimmer ruht, oder daß man den Unterschied des oberen weiten Cylinders und des offenen Schenkels in die Scale corrigirte. Uebrigens ergiebt sich die Construction dieses selbstregistrirenden Barometers aus der Zeichnung von selbst, indem man leicht wahrnimmt, daß der Schwimmer p einen Stift und dieser den horizontalen Draht a' b' trägt, dessen Enden rechts beim Steigen, links beim Fallen leichte Schieber bewegen und auf dem höchsten oder niedrigsten erreichten Punkte stehen lassen. Bei der gegenwärtig erforderlichen Genauigkeit der Beobachtungen sind alle solche Vorrichtungen unnütz, es sei denn, daß man wissen wollte, ob bei ungewöhnlichen Veränderungen bei Nacht noch ein Steigen oder Fallen des Barometers erfolgt sei. — Da es der Fall sein kann, daß der Physiker in einer bedeutenden Höhe oder Tiefe die Beobachtung nicht selbst anstellen kann, so hat Changeur*) zwei Barometer vorgeschlagen, das eine zum Messen unzugänglicher Tiefen, das andere zum Selbstmessen der Höhen. Beide sind Heberbarometer, ersteres mit einer oben, letzteres mit einer unten angebrachten, seitwärts gehenden Röhre (s. beistehende Figur). Sinkt das Queckfilber, so fällt so viel in die Röhre b, daß das ursprüngliche Niveau bei a wiederhergestellt wird. Ebenso ist es beim Steigen desselben. Wird das Barometer wieder an den ersten Beobachtungsort gebracht, so zeigt die Menge des ausgelaufenen Queckfilbers den Unterschied der Längen der Queckfilbersäulen und hiernach die Höhen.



Ein geschickter Glasbläser, Geißler in Bonn, hat, wie Bischof**) berichtet, ein Maximum-Barometer und ein Minimum-Barometer hergestellt, welches die Eigenthümlichkeit hat, daß es die Veränderungen im Luftdruck hörbar macht. Das Maximum-Barometer ist im Wesentlichen ein oben in die Torricelli'sche Leere eines zweiten Barometers mündendes Gefäßbarometer. Das beim Steigen des Barometers auslaufende Queckfilber fällt in Tropfen herab, welche einen metallisch schallenden Ton erzeugen. Das Minimumbarometer dagegen ist im Wesentlichen ein Heberbarometer, aus dessen kürzerem Schenkel das Queckfilber beim Sinken des Instrumentes in Tropfen ausläuft, und da hier die Tropfen in einem lufterfüllten Raume fallen, so ist ihr Klang dumpf und kaum hörbar, doch wird derselbe durch ein trichterartiges Gefäß aufgefangen, welches von den fallenden Tropfen erschüttert und an die Wände des zur endlichen Aufnahme des Queckfilbers bestimmten Gefäßes angeschlagen wird, so daß ein klirrender Ton sich ausbildet. Das Ganze ist und bleibt aber eine Spielerei ohne wissenschaftlichen Werth, weil, wie günstig sich auch Bischof über dasselbe ausspricht, die ganze Vorrichtung zu wenig bewährt ist, um zuverlässig zu sein, weil die Reinhaltung des circulirenden Queckfilbers unmöglich und das Instrument also in

*) Journ. de Phys. T. XXII. p. 387.
**) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 387.

hohen Grade vergänglich ist, d. h. nach kurzer Zeit unbrauchbar werden muß, wenn es auch gelungen wäre, dasselbe ursprünglich fehlerfrei herzustellen. Beide Instrumente, wie vorgeschlagen, mit einer selbstregistrirenden Vorrichtung zu verbinden, ähnlich dem Apparate von Changeux, wäre vollkommen absurd, da man im glücklichsten Falle nichts erreichte, als daß man durch Combination zweier complicirten Apparate mit einem Uhrwerke eine Vorrichtung herstellte, welche dieselben Mängel hätte, die das zehnmal einfachere Instrument von Changeux hat.

In neuester Zeit hat G. A. Schultze *) ein selbstregistrirendes Barometer angegeben, welches eine Verbesserung des oben (S. 698) beschriebenen Barometrographs von Changeux, aber noch complicirter als dieser, und daher noch weniger brauchbar ist. Vom Schwimmer geht ein Faden um eine Rolle, welche den Zeiger in Bewegung setzt, durch den die Notirung des Barometerstandes geschieht. Die Rolle ist aus zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzt, um eine Compensation zu erhalten, durch welche die störenden Einflüsse der Temperaturveränderung auf den Gang der Vorrichtung unschädlich gemacht werden sollen.

Nachdem man am Barometer die Beobachtung gemacht hat, ist es noch nöthig, verschiedene Correcturen vorzunehmen. Zunächst ist von großem Einfluß auf die jedesmalige Länge der Säule außer der Schwere der Luft die Temperatur, in welcher sich das Barometer während der Beobachtung befindet. Wie alle Körper dehnt sich auch das Quecksilber durch die Wärme aus, auf welcher Eigenschaft desselben seine Benutzung zur Herstellung von Thermometern beruht. Da man nun durch das Barometer allein die Schwere der Luft erkennen will, so ist es nöthig, daß man den Einfluß, welchen die Wärme auf die Länge der Quecksilbersäule hat, berechne und das Resultat von dem der unmittelbaren Beobachtung der Länge der Quecksilbersäule abziehe oder zu demselben hinzusetze.

Jedes gute Barometer muß daher mit einem Thermometer versehen sein, welches so nahe als möglich an die Barometerröhre angebracht ist. Vollkommen genau giebt nur ein in das Quecksilber des Barometers selbst getauchtes Thermometer die Temperatur des Quecksilbers an **). Durch Dulong und Petit ist die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme genau gefunden worden, gleich 0,0180180, welches $= \frac{1}{5550}$ für 1° C.; $\frac{1}{4440}$ für 1° R.; $\frac{1}{9990}$ für 1° F. ***).

*) Pogg. Ann. Bd. LXXVI. S. 604.

**) Kämtz bemerkt in seiner Abhandlung von den Schwankungen des Barometers, Meteorologie Bd. I. S. 230 ff., daß nach seinen Beobachtungen und nach denen von Friedrich Hoffmann das Barometer ungleich schwerer seine Temperatur ändere als das Thermometer, daher man leicht zu unrichtigen Resultaten komme, wenn man bei der Reduction des Barometerstandes auf eine bestimmte Normaltemperatur von der Voraussetzung ausgehe, daß das Quecksilber des Barometers genau dieselbe Temperatur habe wie das des Thermometers. Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt in der größeren Quantität des Quecksilbers im Barometer und in der sonstigen Einrichtung desselben verglichen mit dem Thermometer. Bei diesem sind alle Vorkehrungen getroffen, daß sich die Wärme dem Quecksilber so schnell als möglich mittheile, seine kleinere Masse Quecksilber ist schneller gleichmäßig erwärmt und erkältet als die größere des Barometers. Bei Gefäßbarometern ist es leicht (wie bei dem von Rosenshausen), die Kugel des Thermometers in das Quecksilber des Barometers selbst einzutauchen, wodurch wenigstens zum großen Theil der eben gerügte Uebelstand sich heben läßt.

***) Vergl. d. Art. Ausdehnung des Quecksilbers, S. 589 dieses Bandes.

Es ist nun nothwendig, die Barometerbeobachtungen auf eine bestimmte Temperatur zu reduciren, auf welche, ist an sich gleichgültig, muß aber jedesmal bestimmt angegeben werden. Gewöhnlich pflegt man auf 0° zu reduciren. Bezeichnet b den bei einer Temperatur t beobachteten Barometerstand, b' den Barometerstand bei einer Temperatur t', und soll der Barometerstand b auf diese Temperatur t' reducirt werden, so ist

für das hunderttheilige Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{5550}[t'-t]\right)$,

für das Reaumur'sche Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{4440}[t'-t]\right)$,

für das Fahrenheit'sche Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{9990}[t'-t]\right)$.

Geschieht die Reduction auf den Gefrierpunkt, ist also $t' = 0$, so ist

für das hunderttheilige Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{5550}t\right)$,

für das Reaumur'sche Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{4440}t\right)$,

für das Fahrenheit'sche Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{9990}t\right)$.

Gesetzt, der Barometerstand sei 333‴,5, das Thermometer stehe auf 20° R., so wird $b' = 333‴,5\left(1 - \frac{1}{5550}\cdot 20\right) = 333‴,5 - 1‴,5 = 332‴,0$. Wäre dagegen die Temperatur −20° R. gewesen, so wäre $b' = 333‴,5\left(1 + \frac{1}{5550}\cdot 20\right) = 333‴,5 + 1‴,5 = 335‴,0$. Um die jedesmalige Rechnung bei der Reduction zu ersparen, sind Tafeln berechnet worden, welche für jeden beliebigen Stand des Barometers und Thermometers die zu subtrahirenden oder zu addirenden Größen enthalten. Solche Tafeln sind berechnet von Schlögl*), Winkler**) und Weiße***), jedoch mit übertriebener Genauigkeit. Eine kurz derartige Tabelle bis zu Temperaturdifferenzen von 10° und für Barometerhöhen von 200m bis 350m hat Kämtz †) veröffentlicht. Für Millimeter und hundertheilige Grade theilt Muncke folgende Tabelle mit, zur Reduction des Barometerstandes auf 0° C.

---

*) Schlögl, tabulae pro reductione quorumvis statuum barometri. Monach. 1787. 4.

**) C. L. G. Winkler, Tafeln um Barometerstände ꝛc. auf jede beliebige Normaltemperatur zu reduciren. Halle 1820. 4.

***) Weisse, Tafel zur Reduction der Barometerhöhen.

†) Repertor. von Brandes. Art. Barometer. — Kästner's Meteorologie. Bd. III. S. 292.

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,072	0,144	0,216	0,288	0,360	0,432	0,504	0,577
410	0,074	0,148	0,221	0,295	0,369	0,443	0,516	0,591
420	0,076	0,152	0,227	0,302	0,378	0,454	0,529	0,606
430	0,078	0,155	0,232	0,309	0,387	0,465	0,540	0,620
440	0,079	0,158	0,238	0,316	0,396	0,476	0,554	0,635
450	0,081	0,162	0,243	0,324	0,405	0,486	0,567	0,649
460	0,083	0,166	0,248	0,331	0,414	0,497	0,580	0,663
470	0,085	0,170	0,254	0,338	0,423	0,508	0,593	0,678
480	0,087	0,173	0,259	0,345	0,432	0,519	0,605	0,692
490	0,088	0,176	0,264	0,352	0,441	0,530	0,618	0,707
500	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450	0,540	0,630	0,721
510	0,092	0,184	0,275	0,367	0,459	0,551	0,642	0,735
520	0,094	0,188	0,281	0,373	0,468	0,562	0,655	0,750
530	0,096	0,191	0,287	0,380	0,477	0,573	0,667	0,764
540	0,098	0,194	0,292	0,387	0,486	0,584	0,680	0,779
550	0,099	0,198	0,297	0,396	0,496	0,594	0,693	0,793
560	0,101	0,202	0,302	0,403	0,504	0,605	0,705	0,807
570	0,103	0,206	0,308	0,410	0,513	0,616	0,718	0,822
580	0,105	0,209	0,313	0,418	0,522	0,627	0,730	0,836
590	0,106	0,212	0,319	0,425	0,531	0,638	0,743	0,850
600	0,108	0,216	0,324	0,432	0,540	0,648	0,757	0,865
610	0,110	0,220	0,330	0,439	0,549	0,659	0,769	0,879
620	0,112	0,224	0,335	0,446	0,558	0,670	0,781	0,894
630	0,115	0,227	0,341	0,454	0,567	0,681	0,794	0,908
640	0,116	0,230	0,346	0,461	0,576	0,692	0,807	0,922
650	0,117	0,234	0,351	0,469	0,585	0,702	0,819	0,937
660	0,119	0,238	0,356.	0,476	0,594	0,713	0,831	0,951
670	0,121	0,241	0,362	0,484	0,603	0,724	0,844	0,966
680	0,123	0,245	0,367	0,491	0,612	0,735	0,856	0,980
690	0,124	0,249	0,373	0,498	0,621	0,746	0,869	0,995
700	0,126	0,252	0,378	0,505	0,631	0,757	0,883	1,009
710	0,128	0,256	0,383	0,512	0,640	0,768	0,896	1,023
720	0,130	0,259	0,389	0,520	0,649	0,779	0,908	1,038
730	0,132	0,263	0,394	0,527	0,658	0,790	0,921	1,052
740	0,134	0,267	0,400	0,534	0,667	0,800	0,933	1,067
750	0,135	0,270	0,405	0,541	0,676	0,811	0,946	1,081
760	0,137	0,274	0,410	0,548	0,685	0,822	0,959	1,095
770	0,139	0,277	0,416	0,556	0,694	0,833	0,971	1,110
780	0,141	0,281	0,421	0,563	0,703	0,844	0,984	1,124
790	0,143	0,284	0,427	0,570	0,712	0,855	0,997	1,139

Barometerstand in Millim.	Temperatur.							
	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,649	0,721	0,793	0,865	0,937	1,009	1,081	1,153
410	0,665	0,739	0,813	0,886	0,960	1,034	1,108	1,182
420	0,681	0,757	0,833	0,908	0,984	1,059	1,135	1,211
430	0,697	0,775	0,853	0,930	1,007	1,084	1,162	1,240
440	0,714	0,793	0,873	0,952	1,030	1,109	1,189	1,268
450	0,730	0,811	0,892	0,973	1,054	1,135	1,216	1,297
460	0,746	0,829	0,912	0,994	1,077	1,160	1,243	1,326
470	0,762	0,847	0,932	1,016	1,100	1,185	1,270	1,355
480	0,778	0,865	0,952	1,038	1,123	1,210	1,297	1,383
490	0,795	0,883	0,972	1,060	1,147	1,235	1,326	1,411
500	0,811	0,901	0,991	1,081	1,171	1,261	1,351	1,441
510	0,827	0,919	1,011	1,102	1,194	1,286	1,378	1,470
520	0,843	0,937	1,031	1,124	1,218	1,311	1,405	1,499
530	0,860	0,955	1,051	1,146	1,241	1,336	1,432	1,527
540	0,876	0,973	1,071	1,168	1,264	1,361	1,459	1,556
550	0,892	0,991	1,090	1,189	1,288	1,387	1,486	1,585
560	0,908	1,009	1,110	1,210	1,311	1,412	1,513	1,614
570	0,924	1,027	1,130	1,232	1,334	1,437	1,540	1,642
580	0,940	1,045	1,150	1,253	1,358	1,462	1,567	1,671
590	0,956	1,063	1,170	1,275	1,382	1,487	1,594	1,700
600	0,973	1,081	1,189	1,297	1,405	1,513	1,621	1,729
610	0,989	1,099	1,209	1,318	1,428	1,538	1,648	1,758
620	1,005	1,117	1,229	1,340	1,451	1,563	1,675	1,786
630	1,022	1,135	1,249	1,362	1,474	1,588	1,702	1,815
640	1,038	1,153	1,269	1,383	1,498	1,613	1,729	1,844
650	1,054	1,171	1,288	1,405	1,522	1,639	1,756	1,873
660	1,070	1,189	1,308	1,426	1,545	1,664	1,783	1,901
670	1,086	1,207	1,328	1,448	1,569	1,689	1,810	1,931
680	1,103	1,225	1,348	1,470	1,592	1,714	1,837	1,959
690	1,119	1,243	1,368	1,492	1,616	1,740	1,864	1,988
700	1,135	1,261	1,387	1,514	1,640	1,766	1,892	2,017
710	1,151	1,279	1,407	1,536	1,663	1,791	1,919	2,046
720	1,167	1,297	1,427	1,557	1,687	1,816	1,946	2,075
730	1,183	1,315	1,447	1,580	1,710	1,841	1,973	2,104
740	1,200	1,333	1,467	1,600	1,733	1,866	2,000	2,133
750	1,216	1,351	1,486	1,622	1,757	1,892	2,027	2,162
760	1,232	1,379	1,506	1,644	1,780	1,917	2,054	2,191
770	1,249	1,397	1,526	1,665	1,804	1,942	2,081	2,220
780	1,265	1,405	1,546	1,687	1,827	1,967	2,108	2,249
790	1,280	1,423	1,566	1,708	1,850	1,992	2,135	2,278

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	1,225	1,297	1,369	1,441	1,513	1,585	1,657	1,729
410	1,255	1,330	1,403	1,477	1,551	1,624	1,698	1,772
420	1,286	1,362	1,437	1,513	1,589	1,664	1,740	1,815
430	1,316	1,395	1,471	1,549	1,627	1,703	1,781	1,859
440	1,347	1,427	1,515	1,585	1,664	1,743	1,822	1,902
450	1,378	1,459	1,540	1,621	1,703	1,782	1,864	1,946
460	1,409	1,491	1,574	1,657	1,740	1,822	1,906	1,989
470	1,440	1,524	1,608	1,693	1,777	1,862	1,948	2,032
480	1,470	1,556	1,642	1,729	1,815	1,901	1,989	2,075
490	1,500	1,589	1,676	1,765	1,853	1,941	2,030	2,118
500	1,531	1,621	1,711	1,802	1,891	1,981	2,071	2,161
510	1,561	1,653	1,745	1,838	1,929	2,021	2,112	2,204
520	1,592	1,686	1,779	1,874	1,967	2,060	2,154	2,247
530	1,623	1,718	1,813	1,910	2,005	2,100	2,195	2,291
540	1,653	1,751	1,847	1,946	2,043	2,140	2,237	2,334
550	1,684	1,783	1,882	1,982	2,080	2,179	2,278	2,377
560	1,715	1,816	1,916	2,018	2,119	2,219	2,320	2,421
570	1,746	1,848	1,950	2,054	2,156	2,258	2,361	2,464
580	1,777	1,871	1,984	2,090	2,194	2,298	2,403	2,507
590	1,807	1,903	2,019	2,126	2,232	2,338	2,444	2,551
600	1,838	1,946	2,054	2,162	2,270	2,378	2,486	2,594
610	1,869	1,978	2,089	2,198	2,307	2,417	2,527	2,637
620	1,900	2,011	2,123	2,234	2,345	2,457	2,568	2,680
630	1,930	2,043	2,157	2,270	2,383	2,497	2,610	2,724
640	1,960	2,076	2,191	2,306	2,421	2,536	2,651	2,767
650	1,991	2,108	2,225	2,342	2,459	2,576	2,692	2,810
660	2,022	2,140	2,259	2,378	2,496	2,616	2,734	2,854
670	2,053	2,173	2,294	2,414	2,534	2,655	2,776	2,897
680	2,084	2,206	2,328	2,450	2,572	2,695	2,818	2,941
690	2,114	2,238	2,362	2,486	2,610	2,734	2,859	2,984
700	2,145	2,271	2,397	2,523	2,648	2,774	2,900	3,027
710	2,176	2,303	2,431	2,560	2,686	2,813	2,941	3,070
720	2,206	2,336	2,465	2,596	2,723	2,853	2,983	3,113
730	2,237	2,368	2,498	2,632	2,761	2,892	3,024	3,157
740	2,268	2,400	2,533	2,668	2,799	2,932	3,065	3,200
750	2,298	2,433	2,568	2,702	2,837	2,972	3,107	3,244
760	2,329	2,466	2,602	2,738	2,875	3,012	3,148	3,287
770	2,360	2,500	2,636	2,774	2,913	3,052	3,190	3,330
780	2,390	2,532	2,671	2,810	2,951	3,091	3,231	3,373
790	2,420	2,564	2,705	2,846	2,989	3,131	3,273	3,417

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	1,801	1,873	1,945	2,017	2,089	2,162	2,234	2,306
410	1,846	1,920	1,993	2,067	2,141	2,216	2,290	2,363
420	1,891	1,967	2,042	2,118	2,193	2,270	2,346	2,421
430	1,936	2,014	2,090	2,168	2,246	2,324	2,402	2,479
440	1,981	2,060	2,139	2,219	2,298	2,378	2,458	2,536
450	2,026	2,107	2,188	2,269	2,350	2,432	2,513	2,594
460	2,071	2,154	2,236	2,319	2,402	2,486	2,569	2,652
470	2,116	2,200	2,285	2,370	2,454	2,540	2,625	2,709
480	2,161	2,247	2,333	2,420	2,507	2,594	2,681	2,767
490	2,206	2,294	2,382	2,471	2,559	2,648	2,737	2,824
500	2,251	2,341	2,431	2,521	2,612	2,702	2,792	2,882
510	2,296	2,388	2,480	2,571	2,664	2,756	2,848	2,940
520	2,341	2,435	2,528	2,622	2,716	2,810	2,904	2,997
530	2,386	2,482	2,577	2,672	2,769	2,864	2,960	3,055
540	2,431	2,529	2,625	2,723	2,822	2,918	3,016	3,112
550	2,477	2,575	2,674	2,773	2,873	2,972	3,071	3,170
560	2,522	2,622	2,722	2,823	2,925	3,026	3,127	3,228
570	2,567	2,669	2,771	2,874	2,977	3,080	3,183	3,285
580	2,612	2,716	2,820	2,925	3,030	3,134	3,239	3,343
590	2,657	2,763	2,869	2,975	3,082	3,188	3,295	3,401
600	2,702	2,810	2,918	3,026	3,135	3,243	3,351	3,459
610	2,747	2,857	2,966	3,076	3,187	3,297	3,407	3,518
620	2,792	2,904	3,015	3,127	3,239	3,351	3,463	3,574
630	2,837	2,951	3,064	3,177	3,292	3,405	3,519	3,632
640	2,882	2,998	3,112	3,228	3,344	3,459	3,575	3,689
650	2,928	3,044	3,161	3,278	3,396	3,513	3,630	3,747
660	2,973	3,091	3,209	3,328	3,448	3,567	3,686	3,805
670	3,018	3,138	3,258	3,379	3,500	3,621	3,742	3,862
680	3,063	3,185	3,307	3,430	3,553	3,675	3,798	3,920
690	3,108	3,232	3,356	3,480	3,605	3,729	3,854	3,978
700	3,153	3,279	3,405	3,531	3,658	3,784	3,910	4,036
710	3,198	3,326	3,453	3,581	3,710	3,838	3,966	4,094
720	3,243	3,373	3,502	3,632	3,762	3,892	4,022	4,151
730	3,288	3,420	3,550	3,682	3,815	3,946	4,078	4,209
740	3,333	3,467	3,599	3,733	3,867	4,000	4,134	4,267
750	3,379	3,513	3,648	3,783	3,919	4,054	4,189	4,324
760	3,424	3,560	3,696	3,833	3,971	4,108	4,245	4,381
770	3,469	3,617	3,745	3,884	4,023	4,162	4,301	4,439
780	3,514	3,654	3,794	3,934	4,076	4,216	4,357	4,497
790	3,559	3,701	3,843	3,985	4,128	4,270	4,413	4,555

Der Gebrauch dieſer Tabelle iſt folgender: die oberſte horizontale Linie enthält die Grade des Thermometers von 0° bis 32° C.; die erſte ſenkrechte Columne enthält die Barometerſtände von 0m,400 bis 0m,800 von 10 zu 10 Millimetern. Sind die Barometerſtände nach einem anderen Maße gegeben, ſo können ſie vorher auf das Metermaß reducirt werden, wozu für das altfranzöſiſche Maß die S. 669 angegebene Tabelle behülflich iſt. Die durch den Einfluß der Temperatur erzeugte Verlängerung oder Verkürzung der Queckſilberſäule muß für alle Grade der Centimalſcale über 0° abgezogen, unter 0° aber zuaddirt werden. Iſt der Barometerſtand nur bis auf Centimeter angegeben, ſo giebt die Tabelle die Correction unmittelbar. Iſt z. B. der Barometerſtand 0m,75, der Thermometerſtand 15° C., ſo ſucht man die Zahl, welche zugleich in der Querſpalte 750 und in der ſenkrechten Spalte 15° ſteht: 2,027, alſo iſt der corrigirte Barometerſtand = 0m,75 — 0m,002027 = 0,747973; wäre dagegen der Barometerſtand = 0m,72 und der Thermometerſtand = — 2° C. angegeben, ſo wäre der corrigirte Barometerſtand = 0m,72 + 0m,000259 = 0m,720259. — Stehen die gegebenen Barometerhöhen nicht unmittelbar in der Tafel, ſo nimmt man, ohne einen nur irgend bedeutenden Fehler zu begehen, diejenige Correctur, welche dem Barometerſtande entſpricht, der dem beobachteten am nächſten kommt. — Da ſich indeß durch die Wärme nicht bloß das Queckſilber, ſondern auch das Material, aus welchem die Scale verfertigt iſt, ausdehnt, ſo muß auch hierauf Rückſicht genommen werden. Muncke*) berechnet nun, daß, wenn man nach Horner die Ausdehnung des Glaſes zwiſchen dem Gefrier- und Siedepunkte des Waſſers = 0,000921 und die des Meſſings = 0,001903 annehme, man die nöthige Genauigkeit erreichen werde, wenn man bei auf Glas geätzter Scale von der berechneten oder aus der Tabelle genommenen Correction nur 0,05 und bei meſſingener Scale 0,1 der Correction abziehe.

Kämtz erinnert mit Recht, daß dieſes Verfahren nicht genau richtig iſt, weil es bei der Scale nicht gleichgültig iſt, auf welche Temperatur man dieſelbe reducire. Vielmehr muß man für die Scale diejenige Temperatur als Normaltemperatur annehmen, bei welcher die Länge des entſprechenden Normalmaßes beſtimmt wurde. Dieſe Normaltemperatur iſt beim altfranzöſiſchen Maße 13° R., beim neuen franzöſiſchen Maße 0°, beim engliſchen Maße 62° F. Iſt nun b der unmittelbar beobachtete Stand des Barometers, t ſeine Temperatur, T die Normaltemperatur, auf welche das Queckſilber reducirt wird, ϑ die Normaltemperatur des Maßſtabes, endlich q und m die lineare Ausdehnung von Queckſilber und Scale für einen Grad des gebrauchten Thermometers, ſo wird die Größe der Correction

$$h.\ \frac{q\,(t-T) - m\,(t-\vartheta)}{1+q\,(t-T)}.$$

Für Meſſing beträgt die lineare Ausdehnung zwiſchen den beiden Fundamentalpunkten des Thermometers 0,0018782 und für Queckſilber 0,018018. Schumacher**) hat hiernach Tafeln für die drei gebräuchlichſten Thermometer- und Barometerſcalen berechnet. Ich theile dieſelben hier mit.

*) Gehler a. a. O. S. 900.

**) Schumacher, Sammlung von Hülfstafeln. Neu herausg. und vermehrt von Barnstorff. Altona 1845. 8. Aehnliche, aber kürzere Tabellen theilt Kämtz mit: Meteorologie. Bd. I. S. 236 ff.

Tafel I. Reduction des altfranzösischen Barometers.

Die Reduction $= \frac{h.\ 0{,}0002252\ t - 0{,}00002348\ (t-13)}{1 + 0{,}0002252\ t}$. Die Scale des altfranzösischen Barometers enthält Par. Zoll und Linien, diese bilden die Ueberschrift der Tafel, zu oberst die Zolle, darunter die Linien, die Thermometerscale bei dem altfranzösischen Barometer ist nach Reaumur getheilt, die erste Columne der Tafel enthält daher Grade Reaumur von — 14 bis + 24. Die Angaben der Tafel für die Correctur für nach Par. Linien ausgedrückt; das Zeichen + oder — über den Angaben deutet an, ob die Correctur zu dem beobachteten Barometerstande zu addiren oder von ihm zu subtrahiren sei.

26 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81	0,82
13	72	73	73	73	73	74	74	74	74	75	75	75
12	66	66	67	67	67	67	68	68	68	68	68	69
11	60	60	60	60	61	61	61	61	61	62	62	62
10	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55
9	47	47	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49
8	41	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42
7	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36
6	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
5	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23
4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	09	09	09	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16
2	22	22	22	26	22	23	23	23	23	23	23	23
3	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
4	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36
5	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42
6	47	47	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49
7	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55
8	60	60	60	60	61	61	61	61	61	62	62	62
9	66	66	67	67	67	67	67	68	68	68	68	68
10	72	73	73	73	73	74	74	74	74	74	75	75
11	79	79	79	79	80	80	80	80	81	81	81	81
12	85	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88
13	91	91	92	92	92	92	92	93	93	93	93	94
14	97	98	98	98	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
15	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	06	06	07	07	07
16	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14
17	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20
18	22	23	23	24	24	24	25	25	26	26	26	27
19	29	29	29	30	30	31	31	32	32	32	33	33
20	35	35	36	36	37	37	38	38	38	39	39	40
21	41	42	42	42	43	43	44	44	45	45	46	46
22	47	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	53
23	54	54	55	55	56	56	57	57	57	58	58	59
24	1,60	1,60	1,61	1,61	1,62	1,62	1,63	1,63	1,64	1,64	1,65	1,65
Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

27 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
−14	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84	0,85
13	75	76	76	76	76	77	77	77	77	77	78	78
12	69	69	60	69	70	70	70	70	70	71	71	71
11	62	62	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64
10	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	57	58
9	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	51	51
8	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44	44	44
7	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37
6	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
5	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24
4	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
− 1	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	04	04
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
2	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24
3	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31
4	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	38
5	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44	44	44
6	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	51	51
7	56	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	57
8	62	62	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64
9	69	69	69	69	69	70	70	70	70	71	71	71
10	75	75	76	76	76	76	77	77	77	77	77	78
11	82	82	82	82	83	83	83	83	84	84	84	84
12	88	89	89	89	89	89	90	90	90	91	91	91
13	95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	98	98
14	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05
15	08	08	08	09	09	09	10	10	10	11	11	11
16	14	14	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18
17	21	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24	25
18	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	31
19	34	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	38
20	40	40	41	41	42	42	43	43	43	44	44	45
21	47	47	47	48	48	49	49	50	50	51	51	51
22	53	53	54	54	55	55	56	56	57	57	58	58
23	59	60	60	61	61	62	62	63	63	64	64	65
24	1,66	1,66	1,67	1,67	1,68	1,68	1,69	1,70	1,71	1,71	1,71	1,72
rade	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

28 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88
13	78	79	79	79	79	79	80	80	80	80	80	81
12	71	72	72	72	72	72	72	73	73	73	73	74
11	65	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66	67
10	58	58	58	58	58	59	59	59	59	59	59	60
9	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	52	53
8	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	46
7	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39
6	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32
5	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
4	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
+ 1	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18
2	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25
3	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32	32
4	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39
5	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	46
6	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	52	53
7	58	58	58	58	58	59	59	59	59	59	59	60
8	64	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66	67
9	71	71	72	72	72	72	72	73	73	73	73	73
10	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80	80	80
11	85	85	85	85	86	86	86	86	87	87	87	87
12	91	92	92	92	92	93	93	93	94	94	94	94
13	98	98	98	99	99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01
14	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	06	07	07	07	08	08	08
15	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15
16	18	19	19	19	20	20	20	21	21	22	22	22
17	25	25	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29
18	32	32	32	33	33	34	34	35	35	35	36	36
19	39	39	39	40	40	41	41	41	42	42	43	43
20	45	46	46	47	47	47	48	48	49	49	50	50
21	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	56	57
22	59	59	60	60	61	61	61	62	62	63	63	64
23	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71
24	1,72	1,73	1,73	1,74	1,74	1,75	1,75	1,76	1,76	1,77	1,77	1,78
Grade	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tafel III. Reduction der Barometerhöhen in Millimetern.

Die Reduction $= h. \frac{(0{,}00018018 - 0{,}000018782)\, t}{1 + 0{,}00018018\, t}$. Die Scale des jetzt in Frankreich üblichen Barometers enthält Millimeter (= 0,001 Meter). Die Ueberschrift der Tafel giebt die abgelesenen Millimeter von 5 zu 5 Millimetern. Die Scale des Thermometers bei diesen Barometern enthält Centesimalgrade, diese sind in der ersten Columne enthalten von − 17° bis + 32°. Die Angaben der Tafel sind Millimeter und werden abgezogen von dem beobachteten Barometerstande, wenn — darüber steht, zu demselben addirt, wenn + darüber steht.

Grade C.	705mm	710mm	715mm	720mm	725mm	730mm	735mm	740mm
	+	+	+	+	+	+	+	+
−17°	1,94	1,95	1,97	1,98	1,99	2,01	2,02	2,04
16	1,83	1,84	1,85	1,87	1,88	1,90	1,90	1,92
15	1,71	1,72	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,80
14	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,67	1,68
13	1,48	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,55	1,56
12	1,37	1,38	1,39	1,40	1,40	1,42	1,43	1,44
11	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32
10	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
9	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,08
8	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96
7	0,80	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84
6	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,72
5	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60	0,60
4	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48
3	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36
2	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
− 1	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	+	+	+	+	+	+	+	+
0								
	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 1	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
2	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
3	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36
4	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,48
5	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60
6	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,72
7	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
8	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95
9	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07
10	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19
11	1,25	1,26	1,27	1,28	1,28	1,29	1,30	1,31
12	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42	1,43
13	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55
14	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,66	1,67
15	1,70	1,71	1,73	1,74	1,75	1,76	1,78	1,79
16	1,82	1,83	1,84	1,85	1,87	1,88	1,89	1,91
17	1,93	1,94	1,96	1,97	1,98	2,00	2,01	2,02
18	2,04	2,06	2,07	2,08	2,10	2,11	2,13	2,14
19	2,16	2,17	2,19	2,20	2,22	2,23	2,25	2,26
20	2,27	2,28	2,30	2,32	2,33	2,35	2,36	2,38
21	2,38	2,40	2,41	2,43	2,45	2,47	2,48	2,50
22	2,49	2,51	2,53	2,55	2,56	2,58	2,60	2,62
23	2,61	2,63	2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,74
24	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84	2,85
25	2,83	2,85	2,87	2,89	2,91	2,93	2,95	2,97
26	2,94	2,97	2,99	3,01	3,03	3,05	3,07	3,09
27	3,06	3,08	3,10	3,12	3,14	3,17	3,19	3,21
28	3,17	3,19	3,21	3,24	3,26	3,28	3,30	3,33
29	3,28	3,31	3,33	3,35	3,38	3,40	3,42	3,45
30	3,40	3,42	3,44	3,47	3,49	3,52	3,54	3,56
31	3,51	3,53	3,56	3,58	3,61	3,63	3,66	3,68
32	3,62	3,65	3,67	3,70	3,72	3,75	3,77	3,80

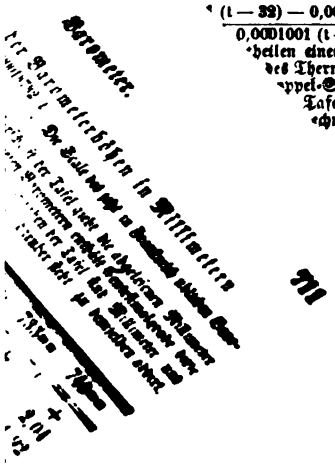
28 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5					80mm
	+	+	+	+	+	+					+
—14	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0					2,14
13	78	79	79	79	79						2,02
12	71	72	72	72	72						1,89
11	65	65	65	65	6						1,77
10	58	58	58	58							1,64
9	51	51	51	51							1,50
8	44	44	44	44							1,38
7	37	37	38	3							1,25
6	31	31	31								1,14
5	24	24	24								1,01
											0,88
4	17	17	17						0,37	0,25	0,76
3	10	10					,25		0,25	0,13	0,63
2	03	03					0,12		0,12	+	0,50
	—	—				+	+		+		0,38
— 1	04	04				—	—		—	—	0,25
0	10	1			—	—	—		—	0,13	0,13
+ 1	17				0,12	0,12	0,12		0,12	0,25	0,25
2	24			,24	0,24	0,25	0,25		0,25	0,38	0,38
3	31			0,36	0,36	0,37	0,37		0,37	0,50	0,51
4	3			0,48	0,49	0,49	0,49		0,50	0,63	0,63
			,60	0,60	0,61	0,61	0,62		0,62	0,75	0,76
5			0,72	0,73	0,73	0,74	0,74		0,75	0,87	0,88
6			0,84	0,85	0,85	0,86	0,86		0,87	1,00	1,00	
7			0,96	0,97	0,97	0,98	0,99		0,99	1,12	1,13	
			1,08	1,09	1,10	1,10	1,11		1,12	1,25	1,26	
			1,20	1,21	1,22	1,22	1,23		1,24	1,37	1,37	
			1,32	1,33	1,34	1,35	1,36		1,36	1,50	1,51	
			1,44	1,45	1,46	1,47	1,48		1,49	1,62	1,63	
			1,56	1,57	1,58	1,59	1,60		1,61	1,75	1,76	
			1,68	1,69	1,70	1,71	1,72		1,74	1,87	1,88	
			1,80	1,81	1,82	1,84	1,85		1,86	2,00	2,01	
			1,92	1,93	1,94	1,96	1,97		1,98	2,12	2,13	
			2,04	2,05	2,07	2,08	2,09		2,11	2,25	2,26	
			2,16	2,17	2,19	2,20	2,22		2,23	2,37	2,38	
			2,28	2,29	2,31	2,32	2,34		2,35	2,49	2,50	
			2,40	2,41	2,43	2,44	2,46		2,48	2,62	2,63	
			2,52	2,53	2,55	2,57	2,58		2,60	2,74	2,76	
			2,63	2,65	2,67	2,69	2,71		2,72	2,87	2,89	
			2,75	2,77	2,79	2,81	2,83		2,85	2,99	3,01	
			2,87	2,89	2,91	2,93	2,95		2,97	3,11	3,13	
			2,99	3,01	3,03	3,05	3,07		3,09	3,24	3,26	
			3,11	3,13	3,15	3,17	3,19		3,22	3,36	3,39	
			3,23	3,25	3,27	3,30	3,32		3,34	3,48	3,50	
			3,35	3,37	3,39	3,42	3,44		3,46	3,61	3,63	
			3,47	3,49	3,52	3,54	3,56		3,59	3,73	3,75	
			3,59	3,61	3,64	3,66	3,68		3,71	3,86	3,89	
			3,71	3,73	3,76	3,78	3,81		3,83	3,98	4,01	
			3,83	3,85	3,88	3,90	3,93		3,95		

II. Reduction des engliſchen Barometers.

$$\frac{(t-32)-0{,}00001043\,(t-26)}{0{,}0001001\,(t-32)}$$

. Das engliſche Barometer hat eine Scale, theilen eines Zolles getheilt iſt. Die abgeleſene Barometerhöhe ſuche des Thermometers bei dieſem Barometer iſt nach Fahrenheit getheilt. ppel-Seiten gehende Columne giebt die beobachtete Temperatur Tafel ſind Decimaltheile des engliſchen Zolles; ſie werden zu chnet, wenn + darüber ſteht, von ihm abgezogen, wenn —



Grade C.	745mm	750mm	755mm	760mm	765mm	770mm	775mm	780mm
	+	+	+	+	+	+	+	+
—17°	2,05	2,06	2,08	2,09	2,11	2,12	2,13	2,14
16	1,93	1,94	1,95	1,97	1,98	1,99	2,01	2,02
15	1,81	1,82	1,83	1,84	1,86	1,87	1,88	1,89
14	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,76	1,77
13	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64
12	1,45	1,46	1,46	1,47	1,49	1,49	1,50	1,50
11	1,33	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,38
10	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25	1,25
9	1,08	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,14
8	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01
7	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88
6	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76
5	0,60	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63
4	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,51
3	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38
2	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
— 1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
	+	+	+	+	+	+	+	+
0								
	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
2	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
3	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38
4	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,51
5	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63
6	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76
7	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88
8	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
9	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13
10	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26
11	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37
12	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51
13	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63
14	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,74	1,75	1,76
15	1,80	1,81	1,82	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88
16	1,92	1,93	1,94	1,96	1,97	1,98	2,00	2,01
17	2,04	2,05	2,07	2,08	2,09	2,11	2,12	2,13
18	2,16	2,17	2,19	2,20	2,22	2,23	2,25	2,26
19	2,28	2,29	2,31	2,32	2,34	2,35	2,37	2,38
20	2,40	2,41	2,43	2,44	2,46	2,48	2,49	2,50
21	2,52	2,53	2,55	2,57	2,58	2,60	2,62	2,63
22	2,63	2,65	2,67	2,69	2,71	2,72	2,74	2,76
23	2,75	2,77	2,79	2,81	2,83	2,85	2,87	2,89
24	2,87	2,89	2,91	2,93	2,95	2,97	2,99	3,01
25	2,99	3,01	3,03	3,05	3,07	3,09	3,11	3,13
26	3,11	3,13	3,15	3,17	3,19	3,22	3,24	3,26
27	3,23	3,25	3,27	3,30	3,32	3,34	3,36	3,38
28	3,35	3,37	3,39	3,42	3,44	3,46	3,48	3,50
29	3,47	3,49	3,52	3,54	3,56	3,59	3,61	3,63
30	3,59	3,61	3,64	3,66	3,68	3,71	3,73	3,75
31	3,71	3,73	3,76	3,78	3,81	3,83	3,86	3,89
32	3,83	3,85	3,88	3,90	3,93	3,95	3,98	4,01

Tafel III. Reduction des englischen Barometers.

Reduction $= h. \frac{0{,}0001001\,(t-32) - 0{,}00001043\,(t-26)}{1 + 0{,}0001001\,(t-32)}$. Das englische Barometer hat eine Scale, die nach englischen Zollen und Zehntheilen eines Zolles getheilt ist. Die abgelesene Barometerhöhe suche man in der obersten Zeile. Die Scale des Thermometers bei diesem Barometer ist nach Fahrenheit getheilt. Die vorderste und letzte über je zwei Doppel-Seiten gehende Columne giebt die beobachtete Temperatur nach F. von 0 bis 89°. Die Angaben der Tafel sind Decimaltheile des englischen Zolles; sie werden zu dem beobachteten Barometerstande hinzugerechnet, wenn + darüber steht, von ihm abgezogen, wenn − darüber steht.

27 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	0692	0695	0698	0700	0703	0705	0708	0710	0713	0715
1	0668	0671	0673	0675	0678	0680	0683	0685	0688	0690
2	0644	0646	0648	0651	0653	0656	0658	0660	0663	0665
3	0619	0622	0624	0626	0629	0631	0633	0635	0638	0640
4	0595	0597	0599	0602	0604	0606	0608	0610	0613	0615
5	0571	0573	0575	0577	0579	0581	0583	0585	0588	0590
6	0546	0548	0550	0552	0554	0556	0559	0561	0563	0565
7	0522	0524	0526	0528	0530	0532	0534	0536	0537	0539
8	0498	0500	0501	0503	0505	0507	0509	0511	0512	0514
9	0473	0475	0477	0479	0480	0482	0484	0486	0487	0489
10	0449	0451	0452	0454	0456	0457	0459	0461	0462	0464
11	0425	0426	0428	0429	0431	0433	0434	0436	0437	0439
12	0400	0402	0403	0405	0406	0408	0409	0411	0412	0414
13	0376	0378	0379	0380	0382	0383	0385	0386	0387	0389
14	0352	0353	0355	0356	0357	0358	0360	0361	0362	0364
15	0328	0329	0330	0331	0332	0334	0335	0336	0337	0339
16	0303	0304	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312	0313
17	0279	0280	0281	0282	0283	0284	0285	0286	0287	0288
18	0255	0256	0257	0258	0259	0259	0260	0261	0262	0263
19	0231	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0236	0237	0238
20	0206	0207	0208	0209	0209	0210	0211	0212	0212	0213
21	0182	0183	0183	0184	0185	0185	0186	0187	0187	0188
22	0158	0158	0159	0159	0160	0161	0161	0162	0162	0163
23	0133	0134	0134	0135	0135	0136	0136	0137	0137	0138
24	0109	0110	0110	0110	0111	0111	0112	0112	0112	0113
25	0085	0085	0086	0086	0086	0087	0087	0087	0088	0088
26	0061	0061	0061	0062	0062	0062	0062	0062	0063	0063
27	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0038	0038
28	0012	0012	0012	0012	0013	0013	0013	0013	0013	0013
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012
30	0036	0036	0036	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0037
31	0060	0061	0061	0061	0061	0061	0062	0062	0062	0062
32	0085	0085	0085	0085	0086	0086	0086	0087	0087	0087
33	0109	0109	0110	0110	0110	0111	0111	0112	0112	0112
34	0133	0133	0134	0134	0135	0135	0136	0136	0137	0137
35	0157	0158	0158	0159	0159	0160	0161	0161	0162	0162
36	0181	0182	0183	0183	0184	0185	0185	0186	0187	0187
37	0205	0206	0207	0208	0209	0209	0210	0211	0212	0212
38	0230	0230	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0236	0237
39	0254	0255	0256	0257	0258	0259	0259	0260	0261	0262
40	0278	0279	0280	0281	0282	0283	0284	0285	0286	0286
41	0302	0303	0304	0305	0307	0308	0309	0310	0311	0312
42	0326	0327	0329	0330	0331	0332	0334	0335	0336	0337
43	0350	0352	0353	0354	0356	0357	0358	0360	0361	0362
44	0375	0376	0377	0379	0380	0381	0383	0384	0386	0387
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

28 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Fº
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
0718	0721	0723	0726	0728	0731	0733	0736	0739	0741	0
0693	0695	0698	0700	0703	0705	0708	0710	0713	0715	1
0668	0670	0672	0675	0677	0679	0682	0684	0687	0689	2
0642	0645	0647	0649	0651	0654	0656	0658	0661	0663	3
0617	0619	0621	0624	0626	0628	0630	0632	0635	0637	4
0592	0594	0596	0598	0600	0602	0605	0607	0609	0611	5
0567	0569	0571	0573	0575	0577	0579	0581	0583	0585	6
0541	0543	0545	0547	0549	0551	0553	0555	0557	0559	7
0516	0518	0520	0522	0524	0525	0527	0529	0531	0533	8
0491	0493	0494	0496	0498	0500	0501	0503	0505	0507	9
0466	0468	0469	0471	0472	0474	0476	0478	0479	0481	10
0441	0442	0444	0445	0447	0448	0450	0452	0453	0455	11
0415	0417	0418	0420	0421	0423	0424	0426	0427	0429	12
0390	0392	0393	0394	0396	0397	0398	0400	0401	0403	13
0365	0366	0368	0369	0370	0371	0373	0374	0375	0377	14
0340	0341	0342	0343	0345	0346	0347	0348	0349	0351	15
0315	0316	0317	0318	0319	0320	0321	0322	0324	0325	16
0289	0290	0291	0292	0294	0295	0296	0297	0298	0299	17
0264	0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271	0272	0273	18
0239	0240	0241	0242	0242	0243	0244	0245	0246	0247	19
0214	0215	0215	0216	0217	0218	0218	0219	0220	0221	20
0189	0189	0190	0191	0191	0192	0193	0193	0194	0195	21
0164	0164	0165	0165	0166	0166	0167	0168	0168	0169	22
0138	0139	0139	0140	0140	0141	0141	0142	0142	0143	23
0113	0114	0114	0115	0115	0115	0116	0116	0117	0117	24
0088	0088	0089	0089	0089	0090	0090	0090	0091	0091	25
0063	0063	0063	0064	0064	0064	0064	0065	0065	0065	26
0038	0038	0038	0038	0038	0039	0039	0039	0039	0039	27
0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	28
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0012	0012	0012	0012	0013	0013	0013	0013	0013	0013	29
0037	0038	0038	0038	0038	0038	0038	0038	0039	0039	30
0063	0063	0063	0063	0063	0064	0064	0064	0064	0065	31
0088	0088	0088	0089	0089	0089	0090	0090	0090	0090	32
0113	0113	0114	0114	0114	0115	0115	0115	0116	0116	33
0138	0138	0139	0139	0140	0140	0141	0141	0142	0142	34
0163	0164	0164	0165	0165	0166	0166	0167	0168	0168	35
0188	0189	0189	0190	0191	0191	0192	0193	0193	0194	36
0213	0214	0215	0215	0216	0217	0218	0218	0219	0220	37
0238	0239	0240	0241	0242	0242	0243	0244	0245	0246	38
0263	0264	0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271	0272	39
0288	0289	0291	0291	0292	0293	0294	0295	0297	0298	40
0313	0314	0316	0317	0318	0319	0320	0321	0322	0323	41
0338	0340	0341	0342	0343	0344	0346	0347	0348	0349	42
0363	0365	0366	0367	0369	0370	0371	0373	0374	0375	43
0388	0390	0391	0393	0394	0395	0397	0398	0400	0401	44
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Fº

27 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	0399	0400	0402	0403	0405	0406	0408	0409	0411	0412
46	0423	0424	0426	0428	0429	0431	0432	0434	0435	0437
47	0447	0449	0450	0452	0454	0455	0457	0459	0460	0462
48	0471	0473	0475	0476	0478	0480	0482	0483	0485	0487
49	0495	0497	0499	0501	0503	0504	0506	0508	0510	0512
50	0519	0521	0523	0525	0527	0529	0531	0533	0535	0537
51	0543	0545	0547	0550	0552	0554	0556	0558	0560	0562
52	0568	0570	0572	0574	0576	0578	0580	0582	0584	0586
53	0592	0594	0596	0598	0600	0603	0605	0607	0609	0611
54	0616	0618	0620	0623	0625	0627	0629	0632	0634	0636
55	0640	0642	0645	0647	0649	0652	0654	0656	0659	0661
56	0664	0666	0669	0671	0674	0676	0679	0681	0684	0686
57	0688	0691	0693	0696	0698	0701	0703	0706	0708	0711
58	0712	0715	0717	0720	0723	0725	0728	0731	0733	0736
59	0736	0739	0742	0744	0747	0750	0753	0755	0758	0761
60	0760	0763	0766	0769	0772	0774	0777	0780	0783	0786
61	0784	0787	0790	0793	0796	0799	0802	0805	0808	0810
62	0808	0811	0814	0817	0820	0823	0826	0829	0832	0835
63	0832	0836	0839	0842	0845	0848	0851	0854	0857	0860
64	0856	0860	0863	0866	0869	0872	0876	0879	0882	0885
65	0881	0884	0887	0890	0894	0897	0900	0903	0907	0910
66	0905	0908	0911	0915	0918	0921	0925	0928	0931	0935
67	0929	0932	0935	0939	0942	0946	0949	0953	0956	0960
68	0953	0956	0960	0963	0967	0970	0974	0977	0981	0985
69	0977	0980	0984	0988	0991	0995	0998	1002	1006	1009
70	1001	1004	1008	1012	1016	1019	1023	1027	1030	1034
71	1025	1028	1032	1036	1040	1044	1047	1051	1055	1059
72	1049	1052	1056	1060	1064	1068	1072	1076	1080	1084
73	1073	1077	1081	1085	1089	1093	1097	1101	1104	1108
74	1097	1101	1105	1109	1113	1117	1121	1125	1129	1133
75	1121	1125	1129	1133	1137	1141	1146	1150	1154	1158
76	1145	1149	1153	1157	1162	1166	1170	1174	1179	1183
77	1169	1173	1177	1182	1186	1190	1195	1199	1203	1208
78	1193	1197	1202	1206	1210	1215	1219	1224	1228	1232
79	1217	1221	1226	1230	1235	1239	1244	1248	1253	1257
80	1241	1245	1250	1254	1259	1264	1268	1273	1277	1282
81	1265	1269	1274	1279	1283	1288	1293	1297	1302	1307
82	1289	1293	1298	1303	1308	1312	1317	1322	1327	1332
83	1313	1317	1322	1327	1332	1337	1342	1347	1351	1356
84	1336	1341	1346	1351	1356	1361	1366	1371	1376	1381
85	1360	1365	1370	1376	1381	1386	1391	1396	1401	1406
86	1384	1389	1395	1400	1405	1410	1415	1420	1425	1431
87	1408	1414	1419	1424	1429	1434	1440	1445	1450	1455
88	1432	1438	1443	1448	1453	1459	1464	1469	1475	1480
89	1456	1462	1467	1472	1478	1483	1489	1494	1499	1505
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

28 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0413	0415	0416	0415	0418	0421	0422	0424	0425	0427	45
0439	0440	0442	0443	0445	0446	0448	0449	0451	0453	46
0464	0465	0467	0469	0470	0472	0473	0475	0477	0478	47
0489	0490	0492	0494	0496	0497	0499	0501	0503	0504	48
0514	0515	0517	0519	0521	0523	0525	0526	0528	0530	49
0539	0541	0542	0544	0546	0548	0550	0552	0554	0556	50
0564	0566	0568	0570	0572	0574	0576	0578	0580	0582	51
0589	0591	0593	0595	0597	0599	0601	0603	0605	0608	52
0614	0616	0618	0620	0622	0625	0627	0629	0631	0633	53
0639	0641	0643	0645	0648	0650	0652	0655	0657	0659	54
0664	0666	0668	0671	0673	0675	0678	0680	0683	0685	55
0689	0691	0693	0696	0698	0701	0703	0706	0708	0711	56
0714	0716	0719	0721	0724	0726	0729	0731	0734	0736	57
0738	0741	0744	0746	0749	0752	0754	0757	0760	0762	58
0763	0766	0769	0772	0774	0777	0780	0783	0785	0788	59
0788	0791	0794	0797	0800	0802	0805	0808	0811	0814	60
0813	0816	0819	0822	0825	0828	0831	0834	0837	0840	61
0838	0841	0844	0847	0850	0853	0856	0859	0862	0865	62
0863	0866	0869	0873	0876	0879	0882	0885	0888	0891	63
0888	0891	0895	0898	0901	0904	0907	0910	0914	0917	64
0913	0916	0920	0923	0926	0929	0933	0936	0939	0942	65
0938	0941	0945	0948	0951	0955	0958	0962	0965	0968	66
0963	0966	0970	0973	0977	0980	0984	0987	0991	0994	67
0988	0991	0995	0999	1002	1006	1009	1013	1016	1020	68
1013	1016	1020	1024	1027	1031	1035	1038	1042	1045	69
1038	1041	1045	1049	1053	1056	1060	1064	1067	1071	70
1063	1066	1070	1074	1078	1082	1085	1089	1093	1097	71
1088	1091	1095	1099	1103	1107	1111	1115	1119	1123	72
1112	1116	1120	1124	1128	1132	1136	1140	1144	1148	73
1137	1141	1145	1150	1154	1158	1162	1166	1170	1174	74
1162	1166	1171	1175	1179	1183	1187	1191	1195	1200	75
1187	1191	1196	1200	1204	1208	1213	1217	1221	1225	76
1212	1216	1221	1225	1229	1234	1238	1242	1247	1251	77
1237	1241	1246	1250	1255	1259	1263	1268	1272	1277	78
1262	1266	1271	1275	1280	1284	1289	1293	1298	1302	79
1287	1291	1296	1300	1305	1310	1314	1319	1323	1328	80
1311	1316	1321	1325	1330	1335	1339	1341	1349	1354	81
1336	1341	1346	1351	1355	1360	1365	1370	1374	1379	82
1361	1366	1371	1376	1381	1385	1390	1395	1400	1405	83
1386	1391	1396	1401	1406	1411	1416	1421	1426	1431	84
1411	1416	1421	1426	1431	1436	1441	1446	1451	1456	85
1436	1441	1446	1451	1456	1461	1466	1472	1477	1482	86
1460	1466	1471	1476	1481	1487	1492	1497	1502	1507	87
1485	1491	1496	1501	1506	1512	1517	1522	1528	1533	88
1510	1515	1521	1526	1532	1537	1542	1548	1553	1559	89
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°

27 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	0399	0400	0402	0403	0405	0406	0408	0409	0411	0412
46	0423	0424	0426	0428	0429	0431	0432	0434	0435	0437
47	0447	0449	0450	0452	0454	0455	0457	0459	0460	0462
48	0471	0473	0475	0476	0478	0480	0482	0483	0485	0487
49	0495	0497	0499	0501	0503	0504	0506	0508	0510	0512
50	0519	0521	0523	0525	0527	0529	0531	0533	0535	0537
51	0543	0545	0547	0550	0552	0554	0556	0558	0560	0562
52	0568	0570	0572	0574	0576	0578	0580	0582	0584	0586
53	0592	0594	0596	0598	0600	0603	0605	0607	0609	0611
54	0616	0618	0620	0623	0625	0627	0629	0632	0634	0636
55	0640	0642	0645	0647	0649	0652	0654	0656	0659	0661
56	0664	0666	0669	0671	0674	0676	0679	0681	0684	0686
57	0688	0691	0693	0696	0698	0701	0703	0706	0708	0711
58	0712	0715	0717	0720	0723	0725	0728	0731	0733	0736
59	0736	0739	0742	0744	0747	0750	0753	0755	0758	0761
60	0760	0763	0766	0769	0772	0774	0777	0780	0783	0786
61	0784	0787	0790	0793	0796	0799	0802	0805	0808	0810
62	0808	0811	0814	0817	0820	0823	0826	0829	0832	0835
63	0832	0836	0839	0842	0845	0848	0851	0854	0857	0860
64	0856	0860	0863	0866	0869	0872	0876	0879	0882	0885
65	0881	0884	0887	0890	0894	0897	0900	0903	0907	0910
66	0905	0908	0911	0915	0918	0921	0925	0928	0931	0935
67	0929	0932	0935	0939	0942	0946	0949	0953	0956	0960
68	0953	0956	0960	0963	0967	0970	0974	0977	0981	0985
69	0977	0980	0984	0988	0991	0995	0998	1002	1006	1009
70	1001	1004	1008	1012	1016	1019	1023	1027	1030	1034
71	1025	1028	1032	1036	1040	1044	1047	1051	1055	1059
72	1049	1052	1056	1060	1064	1068	1072	1076	1080	1084
73	1073	1077	1081	1085	1089	1093	1097	1101	1104	1108
74	1097	1101	1105	1109	1113	1117	1121	1125	1129	1133
75	1121	1125	1129	1133	1137	1141	1146	1150	1154	1158
76	1145	1149	1153	1157	1162	1166	1170	1174	1179	1183
77	1169	1173	1177	1182	1186	1190	1195	1199	1203	1208
78	1193	1197	1202	1206	1210	1215	1219	1224	1228	1232
79	1217	1221	1226	1230	1235	1239	1244	1248	1253	1257
80	1241	1245	1250	1254	1259	1264	1268	1273	1277	1282
81	1265	1269	1274	1279	1283	1288	1293	1297	1302	1307
82	1289	1293	1298	1303	1308	1312	1317	1322	1327	1331
83	1313	1317	1322	1327	1332	1337	1342	1347	1351	1356
84	1336	1341	1346	1351	1356	1361	1366	1371	1376	1381
85	1360	1365	1370	1376	1381	1386	1391	1396	1401	1406
86	1384	1389	1395	1400	1405	1410	1415	1420	1425	1430
87	1408	1414	1419	1424	1429	1434	1440	1445	1450	1455
88	1432	1438	1443	1448	1453	1459	1464	1469	1475	1480
89	1456	1462	1467	1472	1478	1483	1489	1494	1499	1505
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

28 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0413	0415	0416	0418	0418	0421	0422	0424	0425	0427	45
0439	0440	0442	0443	0445	0446	0448	0449	0451	0453	46
0464	0465	0467	0469	0470	0472	0473	0475	0477	0478	47
0489	0490	0492	0494	0496	0497	0499	0501	0503	0504	48
0514	0515	0517	0519	0521	0523	0525	0526	0528	0530	49
0539	0541	0542	0544	0546	0548	0550	0552	0554	0556	50
0564	0566	0568	0570	0572	0574	0576	0578	0580	0582	51
0589	0591	0593	0595	0597	0599	0601	0603	0605	0608	52
0614	0616	0618	0620	0622	0625	0627	0629	0631	0633	53
0639	0641	0643	0645	0648	0650	0652	0655	0657	0659	54
0664	0666	0668	0671	0673	0675	0678	0680	0683	0685	55
0689	0691	0693	0696	0698	0701	0703	0706	0708	0711	56
0714	0716	0719	0721	0724	0726	0729	0731	0734	0736	57
0738	0741	0744	0746	0749	0752	0754	0757	0760	0762	58
0763	0766	0769	0772	0774	0777	0780	0783	0785	0788	59
0788	0791	0794	0797	0800	0802	0805	0808	0811	0814	60
0813	0816	0819	0822	0825	0828	0831	0834	0837	0840	61
0838	0841	0844	0847	0850	0853	0856	0859	0862	0865	62
0863	0866	0869	0873	0876	0879	0882	0885	0888	0891	63
0888	0891	0895	0898	0901	0904	0907	0910	0914	0917	64
0913	0916	0920	0923	0926	0929	0933	0936	0939	0942	65
0938	0941	0945	0948	0951	0955	0958	0962	0965	0968	66
0963	0966	0970	0973	0977	0980	0984	0987	0991	0994	67
0988	0991	0995	0999	1002	1006	1009	1013	1016	1020	68
1013	1016	1020	1024	1027	1031	1035	1038	1042	1045	69
1038	1041	1045	1049	1053	1056	1060	1064	1067	1071	70
1063	1066	1070	1074	1078	1082	1085	1089	1093	1097	71
1088	1091	1095	1099	1103	1107	1111	1115	1119	1123	72
1112	1116	1120	1124	1128	1132	1136	1140	1144	1148	73
1137	1141	1145	1150	1154	1158	1162	1166	1170	1174	74
1162	1166	1171	1175	1179	1183	1187	1191	1195	1200	75
1187	1191	1196	1200	1204	1208	1213	1217	1221	1225	76
1212	1216	1221	1225	1229	1234	1238	1242	1247	1251	77
1237	1241	1246	1250	1255	1259	1263	1268	1272	1277	78
1262	1266	1271	1275	1280	1284	1289	1293	1298	1302	79
1287	1291	1296	1300	1305	1310	1314	1319	1323	1328	80
1311	1316	1321	1325	1330	1335	1339	1341	1349	1354	81
1336	1341	1346	1351	1355	1360	1365	1370	1374	1379	82
1361	1366	1371	1376	1381	1385	1390	1395	1400	1405	83
1386	1391	1396	1401	1406	1411	1416	1421	1426	1431	84
1411	1416	1421	1426	1431	1436	1441	1446	1451	1456	85
1436	1441	1446	1451	1456	1461	1466	1472	1477	1482	86
1460	1466	1471	1476	1481	1487	1492	1497	1502	1507	87
1485	1491	1496	1501	1506	1512	1517	1522	1528	1533	88
1510	1515	1521	1526	1532	1537	1542	1548	1553	1559	89
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°

29 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	0744	0746	0749	0751	0754	0757	0759	0762	0764	0767
1	0718	0720	0723	0725	0728	0730	0733	0735	0738	0740
2	0691	0694	0696	0699	0701	0703	0706	0708	0710	0713
3	0665	0668	0670	0672	0674	0677	0679	0681	0684	0686
4	0639	0641	0644	0646	0648	0650	0652	0655	0657	0659
5	0613	0615	0617	0619	0621	0624	0626	0628	0630	0632
6	0587	0589	0591	0593	0595	0597	0599	0601	0603	0606
7	0561	0563	0565	0567	0568	0570	0572	0574	0576	0578
8	0535	0536	0538	0540	0542	0544	0546	0547	0549	0551
9	0508	0510	0512	0514	0515	0517	0519	0521	0522	0524
10	0482	0484	0486	0487	0489	0491	0492	0494	0496	0497
11	0456	0458	0459	0461	0463	0464	0466	0467	0469	0470
12	0430	0432	0433	0435	0436	0438	0439	0441	0442	0443
13	0404	0405	0407	0408	0410	0411	0412	0414	0415	0417
14	0378	0379	0381	0382	0383	0384	0386	0387	0388	0390
15	0352	0353	0354	0356	0357	0358	0359	0360	0362	0363
16	0326	0327	0328	0329	0330	0331	0333	0334	0335	0336
17	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308	0309
18	0274	0275	0276	0276	0277	0278	0279	0280	0281	0282
19	0248	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0254	0254	0255
20	0222	0222	0223	0224	0225	0225	0226	0227	0228	0228
21	0195	0196	0197	0197	0198	0199	0200	0200	0201	0201
22	0169	0170	0171	0171	0172	0172	0173	0174	0174	0175
23	0143	0144	0144	0145	0145	0146	0146	0147	0147	0148
24	0117	0118	0118	0119	0119	0119	0120	0120	0121	0121
25	0091	0092	0092	0092	0093	0093	0093	0094	0094	0094
26	0065	0066	0066	0066	0066	0066	0067	0067	0067	0067
27	0039	0039	0040	0040	0040	0040	0040	0040	0040	0040
28	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0014	0014	0014	0014
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013
30	0039	0039	0039	0039	0039	0039	0040	0040	0040	0040
31	0065	0065	0065	0065	0066	0066	0066	0066	0067	0067
32	0091	0091	0091	0092	0092	0092	0093	0093	0093	0094
33	0117	0117	0118	0118	0118	0119	0119	0120	0120	0120
34	0143	0143	0144	0144	0145	0145	0146	0146	0147	0147
35	0169	0169	0170	0170	0171	0172	0172	0173	0173	0174
36	0195	0195	0196	0197	0197	0198	0199	0199	0200	0201
37	0221	0221	0222	0223	0224	0224	0225	0226	0227	0228
38	0247	0247	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0253	0254
39	0273	0274	0274	0275	0276	0277	0278	0279	0280	0281
40	0299	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308
41	0325	0326	0327	0328	0329	0330	0331	0332	0333	0335
42	0350	0352	0353	0354	0355	0357	0358	0359	0360	0361
43	0376	0378	0379	0380	0382	0383	0384	0385	0387	0388
44	0402	0404	0405	0406	0408	0409	0411	0412	0413	0415
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

30 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
0769	0772	0774	0777	0780	0782	0785	0787	0790	0792	0
0742	0745	0747	0750	0753	0755	0757	0760	0763	0765	1
0715	0718	0720	0722	0725	0727	0730	0732	0734	0737	2
0688	0690	0693	0695	0697	0700	0702	0704	0707	0709	3
0661	0663	0666	0668	0670	0672	0674	0677	0679	0681	4
0634	0636	0638	0640	0643	0645	0647	0649	0651	0653	5
0607	0609	0611	0613	0615	0617	0619	0621	0623	0625	6
0580	0582	0584	0586	0588	0590	0592	0594	0595	0597	7
0553	0555	0557	0559	0560	0562	0564	0566	0568	0570	8
0526	0528	0529	0531	0533	0535	0537	0538	0540	0542	9
0499	0501	0502	0504	0506	0507	0509	0511	0512	0514	10
0472	0474	0475	0477	0478	0480	0481	0483	0485	0486	11
0445	0446	0448	0449	0451	0452	0454	0455	0457	0458	12
0418	0419	0421	0422	0424	0425	0426	0428	0429	0431	13
0391	0392	0394	0395	0396	0398	0399	0400	0401	0403	14
0364	0365	0366	0368	0369	0370	0371	0372	0374	0375	15
0337	0338	0339	0340	0342	0343	0344	0345	0346	0347	16
0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	0319	17
0283	0284	0285	0286	0287	0288	0289	0290	0291	0292	18
0256	0257	0258	0259	0260	0260	0261	0262	0263	0264	19
0229	0230	0231	0231	0232	0233	0234	0235	0235	0236	20
0202	0203	0204	0204	0205	0206	0206	0207	0208	0208	21
0175	0176	0176	0177	0178	0178	0179	0179	0180	0181	22
0148	0149	0149	0150	0150	0151	0151	0152	0152	0153	23
0121	0122	0122	0123	0123	0123	0124	0124	0125	0125	24
0094	0095	0095	0095	0096	0096	0096	0097	0097	0097	25
0068	0068	0068	0068	0068	0069	0069	0069	0069	0070	26
0041	0041	0041	0041	0041	0041	0041	0042	0042	0042	27
0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	28
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	
0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0014	0014	0014	29
0040	0040	0040	0041	0041	0041	0041	0041	0041	0041	30
0067	0067	0067	0068	0068	0068	0068	0069	0069	0069	31
0094	0094	0095	0095	0095	0095	0096	0096	0096	0097	32
0121	0121	0122	0122	0122	0123	0123	0124	0124	0124	33
0148	0148	0149	0149	0150	0150	0151	0151	0152	0152	34
0175	0175	0176	0176	0177	0177	0178	0179	0179	0180	35
0201	0202	0203	0203	0204	0205	0205	0206	0207	0207	36
0228	0229	0230	0231	0231	0232	0233	0234	0234	0235	37
0255	0256	0257	0258	0259	0259	0260	0261	0262	0263	38
0282	0283	0284	0285	0286	0287	0288	0289	0290	0290	39
0309	0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	40
0336	0337	0338	0339	0340	0341	0342	0344	0345	0346	41
0363	0364	0365	0366	0367	0369	0370	0371	0372	0373	42
0389	0391	0392	0393	0395	0396	0397	0398	0400	0401	43
0416	0418	0419	0420	0422	0423	0425	0426	0427	0429	44
−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°

29 Zoll.

Fo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	0428	0430	0431	0433	0434	0434	0437	0439	0440	0442
46	0454	0456	0457	0459	0460	0462	0464	0465	0467	0468
47	0480	0482	0483	0485	0487	0489	0490	0492	0493	0495
48	0506	0508	0510	0511	0513	0515	0516	0518	0520	0522
49	0532	0534	0536	0537	0539	0541	0543	0545	0547	0548
50	0558	0560	0562	0564	0566	0567	0569	0571	0573	0575
51	0584	0586	0588	0590	0592	0594	0596	0598	0600	0601
52	0610	0612	0614	0616	0618	0620	0622	0624	0626	0628
53	0636	0638	0640	0642	0644	0646	0649	0651	0653	0655
54	0661	0664	0666	0668	0671	0673	0675	0677	0680	0682
55	0687	0690	0692	0694	0697	0699	0701	0704	0706	0709
56	0713	0716	0718	0721	0722	0726	0728	0730	0733	0735
57	0739	0742	0744	0747	0749	0752	0754	0757	0759	0762
58	0765	0768	0770	0773	0775	0778	0781	0783	0786	0788
59	0791	0793	0796	0799	0802	0804	0807	0810	0813	0815
60	0817	0819	0822	0825	0828	0831	0833	0836	0839	0841
61	0842	0845	0848	0851	0854	0857	0860	0863	0866	0868
62	0868	0871	0874	0877	0880	0883	0886	0889	0892	0895
63	0894	0897	0900	0903	0906	0910	0913	0916	0919	0922
64	0920	0923	0926	0929	0933	0936	0939	0942	0945	0948
65	0946	0949	0952	0956	0959	0962	0965	0969	0972	0975
66	0972	0975	0978	0982	0985	0988	0992	0995	0998	1002
67	0997	1001	1004	1008	1011	1015	1018	1021	1025	1028
68	1023	1027	1030	1034	1037	1041	1044	1048	1051	1055
69	1049	1053	1056	1060	1063	1067	1071	1074	1078	1081
70	1075	1079	1082	1086	1090	1093	1097	1101	1104	1108
71	1101	1104	1108	1112	1116	1120	1123	1127	1131	1135
72	1126	1130	1134	1138	1142	1146	1150	1154	1157	1161
73	1152	1156	1160	1164	1168	1172	1176	1180	1184	1188
74	1178	1182	1186	1190	1194	1198	1202	1206	1210	1214
75	1204	1208	1212	1216	1220	1224	1229	1233	1237	1241
76	1229	1234	1238	1242	1246	1251	1255	1259	1263	1267
77	1255	1260	1264	1268	1273	1277	1281	1286	1290	1294
78	1281	1285	1290	1294	1299	1303	1308	1312	1316	1321
79	1307	1311	1316	1320	1325	1329	1334	1338	1343	1347
80	1333	1337	1342	1346	1351	1355	1360	1365	1369	1374
81	1358	1363	1368	1372	1377	1382	1386	1391	1396	1400
82	1384	1389	1394	1398	1403	1408	1413	1417	1422	1427
83	1410	1415	1419	1424	1429	1434	1439	1444	1449	1453
84	1435	1440	1445	1450	1455	1460	1465	1470	1475	1480
85	1461	1466	1471	1476	1481	1486	1491	1496	1501	1506
86	1487	1492	1497	1502	1507	1513	1518	1523	1528	1533
87	1513	1518	1523	1528	1533	1539	1544	1549	1554	1559
88	1538	1544	1549	1554	1560	1565	1570	1575	1581	1586
89	1564	1569	1575	1580	1586	1591	1596	1602	1607	1612
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

30 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F.°
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0443	0445	0446	0447	0449	0450	0452	0453	0455	0456	45
0470	0471	0473	0475	0476	0478	0479	0481	0482	0484	46
0497	0498	0500	0502	0503	0505	0507	0509	0510	0512	47
0523	0525	0527	0529	0530	0532	0534	0536	0537	0539	48
0550	0552	0554	0556	0558	0559	0561	0563	0565	0567	49
0577	0579	0581	0583	0585	0587	0589	0591	0592	0594	50
0604	0606	0608	0610	0612	0614	0616	0618	0620	0622	51
0631	0633	0635	0637	0639	0641	0643	0645	0647	0650	52
0657	0660	0662	0664	0666	0668	0671	0673	0675	0677	53
0684	0686	0689	0691	0693	0696	0698	0700	0702	0705	54
0711	0713	0716	0718	0720	0723	0725	0727	0730	0732	55
0738	0740	0743	0745	0748	0750	0752	0755	0757	0760	56
0764	0767	0770	0772	0775	0777	0780	0782	0785	0787	57
0791	0794	0797	0799	0802	0805	0807	0810	0812	0815	58
0818	0821	0823	0826	0829	0832	0834	0837	0840	0843	59
0845	0848	0850	0853	0856	0859	0862	0864	0867	0870	60
0871	0874	0877	0880	0883	0886	0889	0892	0895	0898	61
0898	0901	0904	0907	0910	0913	0916	0919	0922	0925	62
0925	0928	0931	0934	0937	0940	0943	0947	0950	0953	63
0952	0955	0958	0961	0964	0968	0971	0974	0977	0980	64
0978	0982	0985	0988	0991	0995	0998	1001	1004	1008	65
1005	1008	1012	1015	1018	1022	1025	1029	1032	1035	66
1032	1035	1039	1042	1046	1049	1052	1056	1059	1063	67
1058	1062	1066	1069	1073	1076	1080	1083	1087	1090	68
1085	1089	1092	1096	1100	1103	1107	1110	1114	1118	69
1112	1116	1119	1123	1127	1130	1134	1138	1142	1145	70
1139	1142	1146	1150	1154	1158	1161	1165	1169	1173	71
1165	1169	1173	1177	1181	1185	1189	1192	1196	1200	72
1192	1196	1200	1204	1208	1212	1216	1220	1224	1228	73
1219	1223	1227	1231	1235	1239	1243	1247	1251	1255	74
1245	1249	1254	1258	1262	1266	1270	1274	1278	1283	75
1272	1276	1280	1285	1289	1293	1297	1302	1306	1310	76
1299	1303	1307	1312	1316	1320	1325	1329	1333	1338	77
1325	1330	1334	1338	1343	1347	1352	1356	1361	1365	78
1352	1356	1361	1365	1370	1374	1379	1383	1388	1392	79
1378	1383	1388	1392	1397	1401	1406	1411	1415	1420	80
1405	1410	1414	1419	1424	1429	1433	1438	1443	1447	81
1432	1437	1441	1446	1451	1456	1460	1465	1470	1475	82
1458	1463	1468	1473	1478	1483	1488	1492	1497	1502	83
1485	1490	1495	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530	84
1512	1517	1522	1527	1532	1537	1542	1547	1552	1557	85
1538	1543	1548	1554	1559	1564	1569	1574	1579	1584	86
1565	1570	1575	1580	1586	1591	1596	1601	1607	1612	87
1591	1597	1602	1607	1613	1618	1623	1629	1634	1639	88
1618	1623	1629	1634	1640	1645	1650	1656	1661	1667	89
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F.°

Tafel IV.

Reduction des altfranzösischen Barometers (mit Par. Zoll und Linien), bei welchem die Temperatur des Queckſilbers und die der Scale durch zwei verſchiedene Thermometer gemeſſen wird. Der obere Theil der Tafel giebt die Correction der Queckſilberſäule, der untere die Correction der meſſingenen Scale. Iſt h die Menge der abgeleſenen Theile der Scale, t die Temperatur des Queckſilbers, ſo iſt die Reduction der Queckſilberſäule=0,0002252 t. Für die Temperatur τ des Meſſings iſt die Reduction=h.0,00002348 (τ−13). Die Summe beider Correctionen giebt die Geſammtcorrection des beobachteten Barometerſtandes. Die Ueberſchriften geben die beobachteten Barometerhöhen in Par. Zoll und Linien; die erſte Columne enthält Grade R.; die Angaben der Tafel ſind Par. Linien.

26 Zoll.

Queckſilber.

Grade R.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
13	92	92	92	93	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
12	85	85	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88
11	78	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80	80
10	70	71	71	71	71	72	72	72	72	73	73	73
9	63	64	64	64	64	64	65	65	65	65	65	66
8	56	57	57	57	57	57	57	58	58	58	58	58
7	49	49	50	50	50	50	50	50	51	51	51	51
6	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44
5	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36
4	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29
3	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22
2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15
1	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 1	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15
3	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22
4	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29
5	35	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36
6	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43	44	44
— 7	49	49	49	50	50	50	50	50	50	51	51	51
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Meſſing.

	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—14	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21
12	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19
10	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
8	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
6	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
— 1	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
+ 6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

26 Zoll.

Quecksilber.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	+ 7°
56	56	57	57	57	57	57	57	58	58	58	58	8
63	63	64	64	64	64	64	65	65	65	65	65	9
70	70	71	71	71	71	72	72	72	72	72	73	10
77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	80	80	11
84	84	85	85	85	85	86	86	86	87	87	87	12
91	91	92	92	92	93	93	93	93	94	94	94	13
98	98	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	14
,05	1,05	1,06	1,06	1,06	07	07	07	08	08	08	09	15
12	12	13	13	13	14	14	15	15	15	16	16	16
19	19	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	17
26	26	27	27	28	28	28	29	29	30	30	30	18
33	33	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	19
40	40	41	41	42	42	43	43	44	44	44	45	20
47	47	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	21
54	54	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	22
61	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	23
68	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	24
75	75	76	76	77	77	78	79	79	80	80	81	25
82	82	83	83	84	85	85	86	86	87	88	88	26
89	89	90	90	91	92	92	93	93	94	95	95	27
96	96	97	97	98	99	99	2,00	2,00	2,01	2,02	2,02	+28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Messing.

-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	+ 6
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	8
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	10
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	14
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	16
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	18
05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	20
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	22
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	24
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	26
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	+28
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

27 Zoll.

Quecksilber.

Grade	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,04	1,04	1,06	1,04
13	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
12	88	88	88	89	89	89	89	90	90	90	91	91
11	81	81	81	81	82	82	82	82	83	83	83	83
10	73	73	73	74	74	74	75	75	75	75	75	76
9	66	66	66	66	67	67	67	67	67	68	68	68
8	59	59	59	59	59	59	60	60	60	60	60	61
7	51	51	52	52	52	52	52	52	52	53	53	53
6	44	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45
5	37	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38
4	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
— 1	07	07	07	07	07	07	07	08	08	08	08	08
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 1	07	07	07	07	07	07	07	08	08	08	08	08
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23
4	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30
5	36	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38
6	44	44	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45
+ 7	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	53	53
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messing.

	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—14	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
12	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20	20
10	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19
8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17
6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
2	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
— 1	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
2	08	08	08	08	09	09	09	09	09	09	09	09
4	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
+ 6	05	05	05	05	05	05	05	05	06	06	06	06
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

28 Zoll.

Quecksilber.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10	—14°
0,99	0,99	0,99	00	00	00	00	01	01	01	02	02	13
91	91	92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	12
83	84	84	84	84	85	85	85	85	86	86	86	11
76	76	76	77	77	77	77	77	78	78	78	78	10
68	68	68	69	69	69	70	70	70	70	70	71	9
61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	63	63	8
53	53	53	54	54	54	54	54	54	55	55	55	7
46	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	47	6
38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	39	39	5
30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	4
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	3
15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	2
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	— 1
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	+ 1
15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	2
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	3
30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	4
38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	39	39	5
45	46	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	6
53	53	53	53	54	54	54	54	54	54	55	55	+ 7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Messing.

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	—14
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	12
18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	10
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	6
13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	4
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	— 1
10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	+ 1
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	2
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	4
06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	+ 6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

27 Zoll.

Queckſilber.

Grade R.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 7	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53
8	58	59	59	59	59	59	59	60	60	60	60	60
9	66	66	66	66	66	67	67	67	67	67	68	68
10	73	73	73	74	74	74	74	74	75	75	75	75
11	80	80	81	81	81	81	82	82	82	82	83	83
12	87	88	88	88	88	89	89	89	90	90	90	90
13	95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	98	98
14	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05
15	09	09	10	10	10	11	11	11	12	12	13	13
16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	20	20	20
17	24	24	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28
18	31	31	32	32	32	33	33	34	34	35	35	35
19	38	39	39	39	40	40	41	41	42	42	42	43
20	45	46	46	47	47	48	48	48	49	49	50	50
21	53	53	54	54	54	55	55	56	56	57	57	58
22	60	60	61	61	62	62	63	63	64	64	65	65
23	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73
24	74	75	75	76	76	77	77	78	79	79	80	80
25	81	82	83	83	84	84	85	85	86	87	87	88
26	89	89	90	90	91	92	92	93	93	94	94	95
27	96	96	97	98	98	99	2,00	2,00	2,01	2,01	2,02	2,03
+28	2,03	2,04	2,04	2,05	2,06	2,06	07	07	08	09	09	10
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Meſſing.

	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 6	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
8	04	04	04	04	04	04	04	05	05	05	05	05
10	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
12	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
14	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
16	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
18	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
20	05	05	05	05	05	05	05	05	06	06	06	06
22	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
24	08	08	08	08	08	09	09	09	09	09	09	09
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+28	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

28 Zoll.

Queckſilber.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	+ 7°
60	61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	62	8
69	69	69	69	69	69	69	70	70	70	70	70	9
76	76	76	76	76	77	77	77	77	78	78	78	10
84	84	84	84	84	84	85	85	85	85	86	86	11
91	91	91	91	92	92	92	93	93	93	93	94	12
99	99	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	13
1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	07	08	08	08	08	09	09	14
14	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	15
21	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24	25	16
29	29	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	17
36	36	37	37	37	38	38	39	39	39	40	40	18
43	44	44	44	45	45	46	46	47	47	47	48	19
51	52	52	52	53	53	53	54	54	55	55	56	20
58	59	59	60	60	61	61	62	62	62	63	63	21
66	66	67	67	67	68	69	69	70	70	71	71	22
73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	23
81	81	82	82	83	83	84	84	85	86	86	87	24
88	89	89	90	90	91	92	92	93	93	94	94	25
96	96	97	97	98	99	99	2,00	2,00	2,01	2,01	2,02	26
2,03	2,04	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	07	08	09	09	10	27
11	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	+28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Meſſing.

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
),06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	+ 6
03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	8
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	10
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	14
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	16
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	18
06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	20
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	22
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	24
10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	26
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	+28
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Beispiel zu Tafel I. Gesetzt, man habe an einem altfranzösischen Barometer den Barometerstand 27″ 11‴ beobachtet, und am zugehörigen Thermometer + 11° R.; so suche man unter der Ueberschrift 27 Zoll die Columne mit der Ueberschrift 11, fahre in dieser Columne mit dem Finger so weit herunter, bis man in die Zeile kommt, welche vorn links durch die Thermometerangabe + 11° bezeichnet ist. Hier findet man die Angabe 0,84. Da über derselben das Zeichen — steht, so ist 27″ 11‴ — 0‴,84 = 27″ 10‴,16 die corrigirte, auf 0° reducirte Barometerhöhe.

Beispiel zu Tafel II. Gesetzt, man habe an einem neueren französischen Barometer den Barometerstand 780mm bei einer Temperatur von — 15° C. beobachtet; so suche man die Angabe der Tafel, welche unter 780 und seitwärts von — 15° steht; sie ist (mit dem darüberstehenden Zeichen) + 1,89; der auf 0° reducirte Barometerstand ist also = 780mm + 1mm,89 = 781mm,89.

Beispiel zu Tafel III. Man habe an einem englischen Barometer 28 Zoll 5 Lin. bei 40° F. beobachtet. Dann suche man die Angabe unter 28 Zoll 5 Lin. und seitwärts von 40°; sie ist (mit dem übergeschriebenen Vorzeichen) — 0,0293; also ist 28″,5 — 0″,0293 = 28″,4707 oder 28″ 4‴,707 die auf 0° R. reducirte Barometerhöhe.

Beispiel zu Tafel IV. Man habe einen Barometerstand von 28″ 2‴ beobachtet bei einer Temperatur des Queckſilbers von — 5° und einer Temperatur der Scale von — 6°. In der oberen Abtheilung der Tafel findet man unter 28″ 2‴ und neben — 5° die Correctur + 0,38; in der untern Abtheilung unter 28″ 2‴ und neben — 6 die Correction — 0,15. Die Gesammtcorrection ist folglich 0,38 — 0,15 = 0,23 und mithin die auf 0° R. reducirte Barometerhöhe = 28″ 2‴ — 0‴,23 = 28″ 1‴,77.

Noch eine andere Correction ist nöthig wegen der Capillardepreſſion (Herabdrückung der Queckſilbersäule durch die Haarröhrchenwirkung) am Glase. Man erkennt diese Wirkung an der Kuppe (Convexität, Meniskus), welche das Queckſilber wie in jedem offenen Glasgefäße, so auch in der Torricelli'schen Leere hat, die jedoch bei stark ausgekochten Barometern sich mehr und mehr abplattet und endlich in eine Ebene, ja in eine concave Vertiefung übergeht. Man kann aber die Wirkung der Glaswand auf das Queckſilber auch in jedem offenen Gefäß und in dem offenen Schenkel jedes Heberbarometers beobachten. In einem offenen Glasgefäß steht das Queckſilber am Rande niedriger als in der Mitte; es bildet sich also eine Kuppe. In dem offenen Schenkel des Heberbarometers zeigt sich zuweilen eine Kuppe, zuweilen aber ist auch die Oberfläche des Queckſilbers ganz eben und zuweilen endlich ist sie concav. Das erste ist der Fall, wenn das Barometer Neigung zum Sinken hat, d. h. wenn das Queckſilber im kurzen Schenkel im Steigen begriffen ist, das letztere, wenn das Barometer Neigung zum Steigen hat, d. h. wenn das Queckſilber im kurzen Schenkel im Sinken begriffen ist. Man kann indeß auch im letzteren Falle durch Schwankungen und Erschütterungen des Barometers und Reinigen der Glaswand die Kuppe wieder herstellen. Versetzt man das Queckſilber im Barometer in Schwankungen, so wird man im kurzen Schenkel beim Aufsteigen des Queckſilbers in ihm eine Kuppe, beim Niedersinken eine Concavität bemerken. Im langen verschlossenen Schenkel ist die Kuppe im Allgemeinen niedriger als im offenen Schenkel, verschwindet auch nicht beim Sinken des Queckſilbers so wie dort, aber bei Schwankungen beobachtet man in der Hauptsache ganz dieselbe Erscheinung und es entsteht also im langen Schen-

kel eine Kuppe, wenn im kurzen eine Vertiefung sich bildet, und umgekehrt. Offenbar also haftet das Queckſilber mit einer gewiſſen Kraft an der Glaswand und dieſe hält es zurück bei jeder Bewegung, ſowohl beim Steigen als beim Sinken, daher man auch vor jeder Beobachtung dem Inſtrumente kleine Erſchütterungen ertheilen muß, um es auf ſeinen von dieſer Anhängung möglichſt befreiten richtigen Stand zu bringen. Es folgt aber aus dem Geſagten, daß, wenn das Barometer im Sinken begriffen iſt, der beobachtete Stand etwas zu groß, und daß, wenn das Barometer im Steigen iſt, der beobachtete Stand etwas zu klein ſein muß. In Beziehung auf das Sinken würde aber dieſe Betrachtung nur dann vollkommen richtig ſein, wenn vorher der Barometerſtand von der Capillardepreſſion unabhängig geweſen wäre. Da aber jedem Sinken ein Steigen vorausgegangen ſein muß, ſo wird der Barometerſtand im Allgemeinen ſtets zu klein ſein. Man hat die Bemerkung gemacht, daß Gefäßbarometer in der Regel einen niedrigeren Barometerſtand geben als Heberbarometer, und hat dies aus dem Umſtande abgeleitet, daß bei Gefäßbarometern die Haarröhrchenwirkungen im Gefäße und in der Röhre ſehr verſchieden ſind, während ſie bei Heberbarometern, bei welchen die beiden Schenkel gleiche Weite haben, in beiden Schenkeln gleich und entgegengeſetzt ſind, alſo ſich aufheben, wie auch Deluc, der Erfinder des Heberbarometers, annahm. Indem man ferner annahm, daß die Capillardepreſſion einzig oder vorzugsweiſe von der Weite der gebrauchten Röhre abhänge, berechnete man Tafeln, welche einfache Zahlenangaben enthielten, die man bei jeder Barometerröhre ihrer Weite gemäß hinzuaddiren ſollte, weil man von der Anſicht ausging, daß die Capillarattraction ſtets eine Erniedrigung des wahren Barometerſtandes zur Folge haben müſſe. Indeß iſt dieſe ganze Betrachtung in mehr als einer Beziehung unrichtig. Die Capillaritätsverhältniſſe hängen keineswegs bloß von der Größe des Durchmeſſers der Röhre ab, ſondern auch von der Natur des Glaſes, von der Beſchaffenheit des Queckſilbers, von der Eigenthümlichkeit der Torricelli'ſchen Leere, von der Temperatur und vielleicht noch von anderen noch nicht berückſichtigten Bedingungen. Schon oben wurde bemerkt, daß die Adhäſion des Queckſilbers wenigſtens im offenen Schenkel der Heberbarometer ſehr verſchieden ſei bei verſchiedenen Glasſorten. Wie ſehr aber die Beſchaffenheit des Queckſilbers influire, das ſieht man am auffälligſten an dem Verhalten des Queckſilbers im kurzen offenen Schenkel des Heberbarometers, verglichen mit dem im langen verſchloſſenen Schenkel. Sobald das Queckſilber mit dem bekannten blauen Oxydhäutchen ſich überzieht, verliert ſich die Kuppe, und wenn man das Barometer ſchwanken läßt, ſo verhält ſich an den Wänden der Röhre das Queckſilber ganz wie eine klebrige zähe Maſſe und verunreinigt dieſelbe bald ſo, daß, wenn man nicht durch Reinigen derſelben nachhilft, das Niveau faſt gar nicht mehr zu beſtimmen iſt. Im Heberbarometer ſind, wie man ſieht, die Capillaritätsverhältniſſe in den beiden Schenkeln keineswegs dieſelben, wie Deluc annahm, ſondern im Gegentheil im höchſten Grade verſchieden. In der Torricelli'ſchen Leere findet ſich, wo nicht verdünnte Luft und Waſſerdampf, doch jedenfalls Queckſilberdampf, welcher ſich unter dem Einfluſſe der Temperatur entwickelt und niederſchlägt; gegen befindet ſich das andere Niveau des Barometers in einer Atmoſphäre von dichter Luft, welche nicht nur durch die Temperatur anders modificirt wird, ſondern auch chemiſch das Queckſilber afficirt. Der Gehalt des Queckſilbers an Luft und Waſſer (Feuchtigkeit) und das Anhaften von Luft und Waſſer an die Wandungen der Röhre hat auf die Haarröhrchenwirkung den größten Einfluß. Man

ſuchte durch langandauerndes ſorgfältiges Auskochen dieſem Einfluſſe entgegen zu wirken, und wirklich machte man die Bemerkung, daß in Folge des Auskochens der Meniscus in der Torricelli'ſchen Leere mehr und mehr verſchwand. Lange Zeit hielt man nun diejenigen Barometer, welche keine Kuppe in der Torricelli'ſchen Leere zeigten, ſondern eine ebene Oberfläche, für die beſten, für ſolche, bei denen gar keine Capillardepreſſion ſtattfände und bei welchen alſo auch eine Correction in Bezug auf dieſelbe überflüſſig wäre. Dom Casbois hatte auf dieſe Erſcheinung in Folge des Auskochens zuerſt aufmerkſam gemacht. Schon der Umſtand, daß es ſogar ge lang, ſtatt einer erhabenen endlich eine vertiefte Oberfläche des Queckſilbers zu e halten, hätte aber darauf führen ſollen, daß durch das Auskochen der Einfluß d Glaswand auf den Barometerſtand keineswegs aufgehoben ſei, ſondern daß nu eine Aenderung der Capillaritätsverhältniſſe zwiſchen dem Glaſe und dem Queck ſilber bewirkt worden ſei. Bohnenberger*) machte die Bemerkung, daß wenn man dem Queckſilber $^1/_{6000}$ Silber zuſetzte, die Depreſſion verändert, die Ober fläche abgeflacht ward; daß aber die Abflachung der Kuppe durch das Auskoch gleichfalls nur von einer chemiſchen Verunreinigung des Queckſilbers als Folge d Kochens unter Zutritt der atmoſphäriſchen Luft erfolge, hat Dulong**) nachg wieſen. Es bildet ſich nämlich Oxyd, welches zwar in nur geringer Menge in d Queckſilber ſich auflöſt, aber doch hinreicht, die Natur des Queckſilbers zu verä dern, namentlich deſſen Capillaritätsverhältniß zum Glaſe. Iſt das ſiedende Queck ſilber an ſeiner Oberfläche von einer ſauerſtofffreien Luft, z. B. einer Atmoſphä von Waſſerſtoff umgeben, ſo treten, wie Dulong gezeigt hat, dieſe Veränderun gen nicht ein. Wenn Poggendorff (vgl. oben S. 663. Anm.) die Bemerkun macht, dieſe Erklärung erſcheine darum unzulänglich, weil die Geſtalt der Queck ſilberfläche in weiten Barometern veränderlich ſei, wofür ſich oft kein nachweisbar Grund angeben laſſe, und weil Schieck die Erfahrung gemacht habe, daß gera in weiten Röhren, bei welchen Dulong den Einfluß jener Auflöſung des ſich b denden Oxyds wegen der größeren Queckſilbermaſſe beobachtet hatte, durch das Koch das Queckſilber concav werde, ſo ſcheinen mir dieſe Bemerkungen eher eine Beſtä gung als eine Widerlegung der Erklärung Dulong's zu enthalten. Was nä lich durch das Auskochen unter Zutritt der Luft erfolgen kann, wird in länger Zeit auch erfolgen müſſen, wenn eine größere Queckſilberfläche im Gefäß oder i offenen Schenkel mit der Luft in Berührung ſteht, und es wird alſo in jedem B rometer das Queckſilber endlich zu jener Miſchung von reinem Queckſilber u Queckſilberoxyd ſich umwandeln, welche ein anderes Capillaritätsverhältniß zu Glaſe hat, als reines Queckſilber; wenn aber dieſe Wirkung vorzugsweiſe bei we ten Barometern auffällig hervortritt, ſo erklärt ſich dies daraus, daß überhaupt d Einfluß des Glaſes um ſo ſchwächer iſt, je weiter die Röhre, daß er alſo auch i einer weiten Röhre am leichteſten zu überwinden iſt. Die Bemerkung Schie ſchließt aber die von Dulong nicht aus. Dulong hat gewiß Recht, wenn e ſagt, eine beſtimmte Quantität Oxyd wirkt um ſo ſchwächer, je größer die Quan tität Queckſilber iſt, in welcher ſie aufgelöſt iſt, und Schieck's Bemerkung läß

*) Naturwiſſenſchaftl. Abhandlungen, herausg. von einer Geſellſchaft in Würtemberg Tübing. 1822. Dove's Repert. Bd. I. S. 37.

**) Poisson, nouv. théorie de l'action capillaire. p. 291. Pogg. Ann. Bd. XIV S. 455.

ganz hiermit übereinstimmend darauf hinaus, daß eine desto größere Quantität Oxyd sich bildet, eine je größere Quantität Queckſilber ſiedet.

Es wurde ſchon oben bemerkt, daß die Kuppe im geſchloſſenen Schenkel eines Heberbarometers im Allgemeinen niedriger ſei als im offenen, oder, was daſſelbe iſt, daß der Einfallswinkel zwiſchen dem Queckſilber und dem Glaſe (ich werde deſſen nähere Beſtimmung ſogleich angeben) im barometriſchen Vacuum immer kleiner ſei als in der Luft. Früher nahm man dieſen Winkel als conſtant an; Laplace beſtimmte ihn auf 46° 28', Poiſſon auf 44° 30'. Nach Bravais kann dieſer Winkel zwiſchen 15° bis 48° betragen. Er ſinkt aber unter 15° dann, wenn die Kuppe ſich zur Ebene abplattet oder ſogar in eine Höhlung übergeht. Nach den Bemerkungen von Dulong und Bohnenberger und wenn man dieſes Phänomen mit der oben erwähnten Erſcheinung am offenen Schenkel eines Heberbarometers vergleicht, kann man nicht zweifeln, daß dieſe Abplattung nur eintreten wird, wenn eine Beſchmutzung der inneren Röhrenwand (eingeſchloſſenen Röhre) mit einem Körper ſtattfindet, der zugleich am Queckſilber und am Glaſe haften kann, namentlich mit Metalloxyd, und daß dieſer Fall auch dann eintritt, wenn das Queckſilber zu lange im Glaſe gekocht worden. Bravais empfiehlt, wenn dies der Fall ſein ſollte, eine kleine Luftblaſe in die Torricelli'ſche Röhre aufſteigen zu laſſen und ſie dann wieder durch kleine Stöße auszutreiben, dann nehme der Meniscus ſeine natürliche Convexität wieder an. Wenn aber nach Dulong Bildung und Auflöſung von Queckſilberoxyd im Queckſilber ſtattgefunden hat, ſo wird dieſes durch ein ſolches Verfahren gewiß nicht fortgeſchafft. Es ſcheint, daß die Convexität des Niveau's auf Koſten der Zuverläſſigkeit des Inſtrumentes hergeſtellt wird, wie auch folgender Fall beweiſt. Beſſel*) ſah an einem 7 Linien weiten, mit erwärmtem Queckſilber gefüllten Piſtor'ſchen Barometer die Convexität im längeren Schenkel allmälig immer mehr abnehmen und zuletzt vollkommen verſchwinden. Eine kleine Luftblaſe, die nach einer beiläufigen Schätzung die Queckſilberſäule etwa um ein Hunderttheil Linie herabdrücken konnte, zeigte ſich beim Neigen des Inſtruments. Als zu dieſer kleinen eine größere Luftblaſe hinzugelaſſen wurde, um durch Umkehren beide gleichzeitig fortzuſchaffen, zeigten ſich nachher zwei Veränderungen, eine conſtante Erniedrigung der Queckſilberſäule um 0,4 oder 0,5 Linie und eine Convexität der Queckſilberoberfläche im langen Schenkel, ſtärker als ſie je beobachtet worden war. Von dem Eintreten dieſer nachher bleibenden Erniedrigung, welche den Betrag der Capillarität um das Zehnfache überſteigt, gaben vor und nach dem Verſuch angeſtellte Vergleichungen des Barometers mit zwei andern ſichere Ueberzeugung.

Daß auch die Temperatur großen Einfluß auf die Capillaritätserſcheinungen am Barometer haben müſſe, folgt ſchon daraus, daß die Capillarität überhaupt mit der Temperatur der in Betracht kommenden Körper ſich ändert. Bohnenberger**) iſt der Anſicht, daß Heberbarometer wegen der Veränderlichkeit der Capillardepreſſion in dem kürzeren Schenkel am wenigſten dazu geeignet ſeien, genaue Reſultate zu geben. Wenn man den Gefäßbarometern den Vorwurf gemacht hat, daß ſie im Allgemeinen einen zu niedrigen Barometerſtand geben, ſo kann man

*) Schumacher's aſtronomiſche Nachrichten Nr. 475. Dove's Repertorium. Bd. I. S. 37.

**) Pogg. Ann. Bd. VII. S. 380.

mit ebenso viel Recht den Heberbarometern verwerfen, daß sie im Allgemeinen zu hohe Barometerstände geben. Bohnenberger hat über die Capillardepression in Barometerröhren in der Weise Untersuchungen angestellt, daß er ein von ihm Normalbarometer genanntes Barometer, dessen Röhre einen Durchmesser von 14,5 Par. Linien hatte, mit anderen engeren Barometerröhren verglich, welche in das sehr weite Gefäß des Normalbarometers mündeten. Ein mikroskopischer Apparat diente dazu, die Höhen der Queckfilbersäule in diesen Röhren mit großer Genauigkeit zu messen. Die Resultate, welche Bohnenberger *) erhielt, waren folgende:

1) Die Oberfläche des Queckfilbers in der weiten Röhre ist an dem Rande ein wenig abgerundet, fängt aber in einem Abstande von 2 Linien von den Seitenwänden der Röhre an eben zu werden, so daß die Capillardepression verschwindet.

2) In einer Röhre von 5,8 Par. Linie Durchmesser ist die Oberfläche des Queckfilbers in ihrer ganzen Ausdehnung noch gewölbt, und die Depression beträgt 0,0035 Par. Linie.

3) Die Depression ist in dem Vacuum des Barometers überhaupt geringer als in der Luft, und alle Heberbarometer geben den Barometerstand zu groß, desto mehr, je kleiner der Durchmesser der Röhre ist.

4) Die Depression in Röhren von verschiedenem Glas ist unter übrigens gleichen Umständen sehr nahe dieselbe.

5) Die Unterschiede zwischen dem Normalbarometer und einem Heberbarometer sind sehr veränderlich, selbst wenn man vor jeder Beobachtung den kürzeren Schenkel reinigt. Jedoch werden diese Unterschiede bei größeren Röhren mehr constant, namentlich, wenn sie anfangen, 3 Par. Lin. zu übersteigen.

6) Barometer, deren Röhren 5 Par. Lin. weit sind, bedürfen schon keiner Erschütterung mehr, um den wahren Barometerstand anzugeben; bei 4 Lin. Durchmesser zeigen sich vor und nach der Erschütterung Differenzen von 0,03 bis 0,05 Linien in dem Barometerstande.

Bei zwei Linien Durchmesser bleibt die Queckfilbersäule, wenn man das Barometer vorher geneigt und es hierauf wieder langsam in die verticale Lage gebracht hat, auf einer zu großen Höhe hängen, von welcher es erst nach vier bis fünf Minuten zu dem Ruhepunkt herabsinkt, welches bei einer geringen Erschütterung der Röhre sogleich geschieht. Eine zu starke Erschütterung, bei welcher das Queckfilber mit den höher liegenden Theilen der Röhre in Berührung kommt, bringt das Barometer leicht auf einen zu hohen Stand.

Laplace **) hat die Depression theoretisch zu bestimmen gesucht. Er ging von zwei verschiedenen Ansichten aus, einmal, indem er die Oberfläche des Queckfilbers im verschlossenen Rohre als kugelförmig annahm, dann indem er die Betrachtung der Figur eines großen Queckfilbertropfens auf einer horizontalen Glasplatte zu Grunde legte. Bohnenberger hat gefunden, daß die Voraussetzungen, auf denen die von Laplace entwickelten Formeln beruhen, nicht zulässig sind.

---

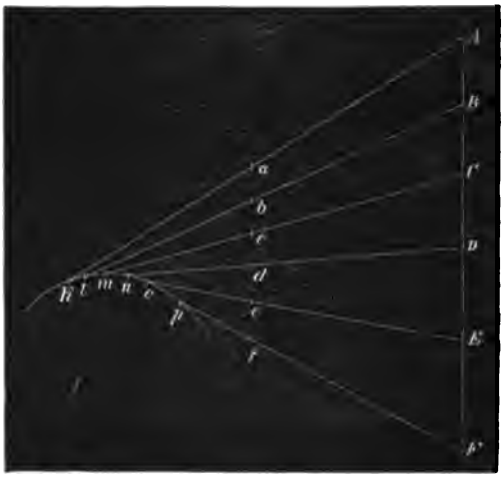
*) Pogg. Ann. Bd. VII. S. 381.

**) Theorie de l'action capillaire p. 64 und Supplément à la th. de l'act. cap. p. 68. Vergl. Gilb. Ann. Bd. XXXIII. S. 112.

Um die Capillardepreſſion beurtheilen zu können, iſt es nöthig, daß man wenigſtens dasjenige Element, von welchem ſie am meiſten abhängig iſt, genau kenne: den innern Durchmeſſer der Barometerröhre, und dann, daß man die Gestalt der Kuppe zu beurtheilen vermöge, welche die im Vorhergehenden erwähnten, freilich nicht in Rechnung ſtellbaren Einflüſſe bedingen. Der Durchmeſſer der Röhre jedes guten Barometers muß genau bekannt, vom Künſtler, der das Instrument hergeſtellt hat, genau unterſucht und angegeben ſein. Auch bei ſonſt guten Inſtrumenten iſt aber dieſe Beſtimmung nicht ſelten vernachläſſigt worden oder verloren gegangen. Es iſt daher von Wichtigkeit, daß man dieſe Größe bei bereits fertigen Inſtrumenten mit Zuverläſſigkeit beſtimmen könne. Hierzu nun giebt Bravais *) folgende Anweiſung: Der äußere Durchmeſſer der Röhren kann leicht beſtimmt werden, es kommt alſo nur noch darauf an, die Dicke des Glaſes zu beſtimmen. Zu dem Ende ziehe man zwei feine und parallele Striche quer auf die Röhre mittelſt eines ſcharfen Stücks Bergkryſtall, das man mit einer Zange faßt. Den Raum zwiſchen beiden Strichen meſſe man mit Genauigkeit, er betrage z. B. 1 bis 2 Millimeter. Zu dieſer Meſſung kann man ſich eines guten Zirkels oder des Nonius am Barometer ſelbſt bedienen. Zur Erleichterung der Operationen lege man das Inſtrument horizontal auf einen Tiſch. Jeder dieſer Striche, die wir a und b nennen wollen, liefert ein Bild durch Reflexion an der Queckſilberfläche, welche die Innenwand der Röhre bekleidet. Man bringe nun das Auge in eine ſchiefe Lage, ſo daß man den Strich a mit dem Bilde des Striches b, oder den Strich b mit dem Bilde des Striches a zuſammenfallen ſieht. Sind i und r die Winkel des Lichtſtrahls in der Luft und dem Glaſe mit der Normale der Fläche und λ das Brechungsverhältniß bei dem Uebergang aus Glas in Luft, endlich d der gegenſeitige Abſtand beider Striche und ε die Glasdicke der Röhre, ſo hat man $\varepsilon = {}^1/_2\, d \cot(\arc \sin = \lambda \sin i)$. Zur Beſtimmung des Einfallswinkels i bedient ſich Bravais eines Schirms, der ſich parallel mit der Axe der Röhre bewegen läßt, und deſſen oberer Rand quer gegen die Axe und alſo parallel zu den Strichen a und b iſt. Dieſen Schirm verſchiebe man dergeſtalt, daß der Gehtsſtrahl, in welchem man a direct auf b reflectirt oder b direct auf a reflectirt ſieht, ſeinen obern Rand tangirt. Iſt nun M der Zwiſchenraum, welcher die beiden, dieſen Coincidenzen entſprechenden Stellungen des Schirms trennt, und m das Perpendikel, gefällt von der Mitte der Kante des Schirms auf die Außenwand der Röhre, ſo iſt erſichtlich, daß man habe $\tan g\, i = \frac{M - d}{2\,m}$. Beim Fortſchieben des Schirms auf der meſſingenen Faſſung iſt möglicher Weiſe die Axe dieſer Faſſung nicht vollkommen parallel der Axe des Rohrs; allein die vorſtehende Formel iſt noch anwendbar auf dieſen Fall, ſobald das Perpendikel m von der Mitte des Zwiſchenraums der Striche a und b aus gemeſſen iſt. So viel wie möglich hat Bravais vorgezogen, den Schirm auf der beweglichen Faſſung des Nonius zu befeſtigen; die Größe M beſtimmt ſich dann leicht durch die beiden Ableſungen am Nullpunkte des Nonius. Was das Brechungsverhältniß betrifft, ſo ſchwankt es beim gewöhnlichen Glaſe von $\lambda = \frac{1}{1{,}5}$ bis $\lambda = \frac{1}{1{,}55}$. Es iſt zweckmäßig, daß das

*) Ann. de Chim. et Phys. S. III. T. V. Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 533. Schumacher hat in den Mém. de l'acad. de Bruxelles. T. XIV. ein Verfahren angegeben, welches nur auf eine gewiſſe Claſſe von Barometern anwendbar iſt.

Intervall d von den Grenzen 0,6 ε und 1,6 ε eingeſchloſſen ſei. Gewöhnlich zieht Bravais ſtatt zwei Striche a, b deren drei, nahe bei einander und parallel, a, b, c, wodurch man drei mögliche Combinationen und drei verſchiedene Incidenzen bekommt. Es iſt zu wünſchen, daß jeder der drei Zwiſchenräume ab, ac, bc von den angezeigten Grenzen eingeſchloſſen ſei.



Um die Geſtalt der Queckſilberkuppe zu erforſchen, kann man ſich mit Vortheil der von W. Weber (ſ. oben S. 667) angegebenen Scale bedienen. In nebenſtehender Figur ſtellen a, b, c, d, e, f, ſechs auf einander folgende Theilſtriche der Scale dar; A, B, C, D, E, F dagegen die Punkte, wo ſich das Auge befinden müſſe, damit die Queckſilberkuppe hinter jenen Theilſtrichen erſcheine. Man ziehe die Linien Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff und verlängere ſie reſpective über a, b, c, d, e und f hinaus, ſo erhält man die Tangenten der Queckſilberkurve und folgert daraus, daß die Curve klmnop, welche jene Linien zu Tangenten hat, die Geſtalt der Queckſilberkuppe darſtellt. Die Lage der Punkte A, B, C, D, E und F gegen die Theilſtriche a, b, c, d, e und f wird bloß durch die Betrachtung des Spiegelbildes der Scale und des Auges vollſtändig beſtimmt.

Charakteriſtiſch für die Kuppe ſind die Höhe derſelben, d. h. die Entfernung des höchſten Punktes derſelben von der ihre Baſis bezeichnenden Ebene, und der Winkel, welchen die Tangente des unterſten Punktes der ſie begrenzenden krummen Fläche an dieſe Fläche mit der Senkrechten auf der Röhrenwand macht, oder der Einfallswinkel zwiſchen dem Queckſilber und dem Glaſe. Die Höhe der Kuppe kann man mit Hülfe des an dem Inſtrumente angebrachten Nonius leicht meſſen. Bravais *) hat jedoch die Bemerkung gemacht, daß die Irradiation des Lichts die ſtark beleuchtete Oberfläche des Meniscus nach unten ausbreite, ſo daß man alſo bei der Beobachtung dieſer Größe einem conſtanten Fehler ausgeſetzt iſt, während bei der Beobachtung des Einfallswinkels, wie ſie Bravais angiebt, die Irradiation die Beobachtung nicht ſtört. Dieſen Winkel beſtimmt nun Bravais **) auf folgende Art. Nachdem man das Barometer ſenkrecht und ſolcher geſtalt aufgeſtellt hat, daß die Oberfläche des Meniscus von dem Licht der Wolken oder, nach Bedürfniß, von einem dahinter angebrachten Stück weißer Pap beleuchtet wird, halte man hinter der Faſſung einen Schirm, der ſich mit einer horizontalen Kante endigt. Dieſen Schirm bewege man von unten nach oben, wodurch er, indem er ſteigt, immer mehr und mehr von dem Licht auffängt, wel

*) Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 530.
**) Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 524.

ches sich an der Queckſilberfläche reflectirte. Das Auge faſt ins Niveau mit der Baſe des Meniscus ſtellend ſieht man deſſen Oberfläche, anfangs auf der dem Beobachter gegenüberliegenden Seite, ſich verdunkeln, und dieſe Verdunkelung dehnt ſich nach und nach gegen die Baſis aus, bis zum vollſtändigen Verſchwinden des erhellten Theils. Genau in dieſem Moment ſei h der Winkel, welcher die Neigung des Geſichtsſtrahls, geführt vom Auge des Beobachters zu dieſer Baſis, mißt. Dieſer Winkel wird als poſitiv oder negativ betrachtet, je nachdem das Niveau des Auges unter oder über dem des Meniscus iſt, je nachdem die Geſichtslinie gegen den Beobachter oder gegen die Baſis herabneigt. Sei ebenſo H der Winkel, welcher die Neigung des letzten Lichtſtrahls vor ſeiner Reflexion an der convexen Queckſilberfläche mißt. Dieſer Winkel wird immer poſitiv ſein. Man hat offenbar: $V = \frac{H + h}{2}$. — Um h zu meſſen, kann man die Baſis des Meniscus beziehen auf entfernte, hinter ihr liegende Gegenſtände, deren Winkelhöhe über dem Horizont zuvor bekannt iſt. Die Ränder von Dächern oder Fenſterſproſſen ſind zu dieſem Zweck beſonders geeignet. In Ermangelung derſelben kann man ſich auch eines ſenkrechten Spiegels bedienen, der je nach der Entfernung in Millimeter oder Centimeter getheilt iſt (alſo ähnlich wie Weber empfohlen). Man kann ſich auch begnügen, an die Mauer ein Stück weißes Papier zu befeſtigen mit Horizontallinien von fünf zu fünf Millimetern. Man beobachte zunächſt, welchem Theilſtrich p des Papiers die horizontale Ebene entſpricht, die durch einen gegebenen Punkt der Barometerſcale, z. B. durch den Punkt 760 Millim., gelegt iſt. Man meſſe hierauf den Horizontal-Abſtand f, welcher dieſes Sehzeichen von der Axe der Röhre trennt. Iſt l die auf der Barometerſcale, neben dem Nullpunkt des Nonius, abgeleſene Höhe des Meniscus-Scheitels, und k die conſtante Höhe des Pfeils vom Meniscus, ſo wird l — k die abgeleſene Höhe der Baſis des Meniscus ein (eine Größe, die man auch durch directe Meſſung erhalten kann) und l — k — 760 die Höhe dieſer ſelben Baſis über der zuvor erwähnten Horizontal-Ebene. Iſt andererſeits P der Punkt des graduirten Sehzeichens, auf welchen das Auge die Baſis des Meniscus im Moment des Verſchwindens der letzten Lichtlinie bezieht, ſo hat man offenbar: $\text{tang } h = \frac{(P - p) - (l - k - 760)}{f + U}$. Die Größen p, k, f, U können während einer und derſelben Reihe von Beobachtungen als conſtant angeſehen werden. Ebenſo erhält man den Winkel H. Der Schirm, welcher das Licht auffängt, iſt gewöhnlich beweglich mit dem Läufer, der den Nonius trägt. Man kann ihn daran befeſtigen, entweder durch beſondere Druckſchrauben, oder durch die Schrauben des Läufers oder durch den Druck einer Feder. Jeder Beobachter, ſelbſt der reiſende, kann leicht einen ſolchen Schirm an ſein Inſtrument anbringen. Es iſt gut, ihn ſo einzurichten, daß er leicht abgenommen und an jedes andere Barometer angebracht werden kann. Da es nicht nothwendig iſt, daß der obere Stand des Schirms geradlinig ſei, ſo kann der obere innere Rand des Läufers, welcher den Nonius trägt, die Dienſte deſſelben verrichten; allein dann iſt der horizontale Abſtand zu klein und das ſchadet der Genauigkeit der Beſtimmung des Winkels H. Es ſei nun n die Ableſung des Nullpunkts am Nonius, wenn der die Beleuchtung begrenzende Rand in der Horizontal-Ebene des Theilſtrichs 760 iſt; es ſei ferner N die Ableſung deſſelben Nullpunkts im Moment, wo

der Meniscus aufhört beleuchtet zu sein; es sei e der horizontale Abstand dieses selben Randes von der Achse der Röhre, so hat man offenbar, wie vorhin:

$$\text{tang } H = \frac{(N - n) - (l - k - 760)}{e + U}.$$

Der Durchgang der Lichtstrahlen durch die Glasröhre ändert dieses Resultat ein wenig. Bei der Messung des Winkels h kann man diesen letzten Effect vernachlässigen; nicht so ist es aber bei der Messung von H. Es sei λ das Brechungsverhältniß beim Uebergang des Lichts aus Glas in Luft; es sei ε die Dicke der Röhrenwand, so ist es leicht sich zu überzeugen, das man das Moment $e + U$ umändern muß in

$$e + U - \varepsilon (J - \cos H \text{ tang arc sin} = \lambda \sin H).$$

Zur Anwendung dieser Berichtigung muß also H schon annähernd berechnet sein; übrigens hat der Versuch gezeigt, daß es fast immer, besonders wenn der Abstand e etwas groß ist, hinreicht, $e + U$ zu ersetzen durch $e + U - {}^2/_3 \varepsilon$. Es ist nützlich, das Barometer um 180° um seine Axe zu drehen und die Beobachtung in dieser Stellung zu wiederholen; denn in der Senkrechtheit der Röhrenaxe kann ein leichter Fehler vorhanden sein, und dieser wirft sich ganz auf die Messung des Winkels V. Es ist also gut, daß der Schirm ringförmig sei und seine Axe wenigstens nahezu, zusammenfalle mit der Fassung des Barometers. Ist einmal der Schirm befestigt, so bestimmt man den Werth der Größe p im Moment, wo der letzte Lichtpunkt verschwindet. Auf diese Weise macht man zwei bis drei Ablesungen von p, getrennt von einander durch eine Reihe kleiner Stöße, um jede Adhärenz zwischen dem Queckfilber und dem Glase zu vernichten; dann nimmt man das Mittel aus diesen Ablesungen. Wenn man aber auf einen festen Gegenstand einstellt (affleure), wenn der Winkel h zuvor bekannt ist, so macht man gleich hinter einander zwei oder drei Ablesungen von N und nimmt daraus das Mittel zur Berechnung von H.

Bei Barometern, bei welchen das Queckfilber-Niveau nach Belieben mittels einer Schraube verstellt werden kann, wird es gut sein, den Versuch an verschiedenen Punkten der Länge der Säule zu wiederholen. Bei Barometern, wo das Niveau nicht nach Belieben des Beobachters verschoben werden kann, ist man genöthigt, die natürlichen Veränderungen des Barometerdrucks abzuwarten, um die selbe Reihe von Beobachtungen zu machen. Man muß nicht glauben, daß der Einfallswinkel des Queckfilbers gegen die Röhrenwand nothwendig gleich sei an verschiedenen Stellen einer und derselben Röhre.

Man kann die Correction wegen der Capillardepreſſion als überflüſſig vernachläſſigen bei einem Gefäßbarometer von großem, mehr als 6 Linien betragendem inneren Durchmeſſer, bei einem Barometer, wie es Bohnenberger als Normalbarometer anwendete. Da aber ſolche Inſtrumente ſchwer zu transportiren und wegen ihres großen Gewichtes leicht zerſtörbar ſind, abgeſehen von ihrer Koſtſpieligkeit, ſo wird man ſie zu dem gewöhnlichen Gebrauche nicht anwenden können. Weil aber, wie gezeigt worden, die Berechnung der Capillardepreſſion immer ſehr unſicher iſt, indem ſie von Einflüſſen abhängt, welche nicht in Rechnung geſtellt werden können, ſo dürfte es wohl das zuverläſſigſte ſein, wenn man das gebrauchte Inſtrument eine Zeitlang auf das ſorgfältigſte mit einem fehlerloſen Normalbarometer vergliche und dann den Fehler, welcher von der Capillardepreſ-

ſion herrührt, in einer kleinen Tabelle mit den zugehörigen Barometerſtänden zuſammenſtellte, denn es iſt gezeigt worden, daß in verſchiedenen Theilen jeder Barometerröhre die Capillardepreſſion verſchieden ausfallen kann. Von Zeit zu Zeit wird man die Vergleichung mit dem Normalbarometer wiederholen müſſen, da ſich die Individualität eines jeden Inſtrumentes mit der Zeit verändert. Nicht immer aber iſt die Vergleichung mit einem Normalbarometer möglich, und in dieſem Falle bleibt nichts übrig, als ſich der zur Beſtimmung der Capillardepreſſion berechneten Tafeln zu bedienen. Bei den Gefäßbarometern nimmt man dann gewöhnlich nur auf die Haarröhrchenwirkung in der Röhre, nicht auf die im Gefäße Rückſicht. Man beſtimmt ſie und addirt ſie zu dem beobachteten und auf die Temperatur corrigirten Barometerſtande. Da, wo die Röhre in das Queckſilber im Gefäße eintaucht, wird ſich zwar dieſe Wirkung als eine rings die Röhre umgebende Furche merkbar machen, man beſtimmt aber das Niveau des Queckſilbers im Gefäß nicht hier, ſondern in der Mitte der breiten Oberfläche, da wo alſo die Depreſſion als überwunden angenommen wird. Bei den Heberbarometern dagegen muß man die Depreſſion ſowohl im offenen als im geſchloſſenen Schenkel beſtimmen, jene von dieſer abziehen und die ſo gefundene Differenz zum beobachteten Barometerſtande addiren. Da die Depreſſion, wie ſchon bemerkt wurde, beim Heberbarometer im offenen Schenkel größer iſt als im geſchloſſenen, ſo erhält man bei der angegebenen Rechnung eine negative Größe, oder, was daſſelbe, man wird die Depreſſion der geſchloſſenen Röhre von der im offenen Schenkel abziehen und den gefundenen Unterſchied von dem beobachteten (und auf die Temperatur corrigirten) Barometerſtande ſubtrahiren.

Die mehr erwähnten Tabellen, deren man ſich bei dieſer Correction bedienen kann, ſind nun theils ſolche, bei deren Benutzung man nur auf die Weite der Röhre, theils ſolche, bei denen man auch auf die Höhe der Kuppe oder auf den Einfallswinkel (ſ. oben S. 734), durch welchen ihre Höhe und Geſtalt beſtimmt wird, Rückſicht zu nehmen hat.

Eine Tabelle der erſten Art iſt nachſtehende von Poiſſon *), deren Angaben in Millimetern ſind.

Weite der Röhre	Depreſſion	Differenz	Weite der Röhre	Depreſſion	Differenz
2	4,5599	1,6574	12	0,2602	0,0555
3	2,9025	0,8637	13	0,2047	0,0457
4	2,0388	0,5333	14	0,1597	0,0352
5	1,5055	0,3573	15	0,1245	0,0275
6	1,1482	0,2669	16	0,0970	0,0216
7	0,8813	0,1962	17	0,0754	0,0168
8	0,6851	0,1497	18	0,0586	0,0156
9	0,5354	0,1153	19	0,0430	0,0078
10	0,4201	0,0695	20	0,0352	
11	0,3506	0,0904			

*) Nouvelle théorie de l'action capillaire p. 289.

Nach Laplace's Formel haben Schleiermacher und Eckhardt*) folgende Tabelle berechnet, in welcher die oberste Zeile die Höhe der Kuppe, die erste Columne links die Weite der Barometerröhre nach dem Halbmesser enthält und die Zahlen, welche die Capillardepression bestimmen, diejenigen sind, auf welche man trifft, wenn man in horizontaler und verticaler Richtung von den betreffenden Bestimmungen des Halbmessers der Röhre und der Höhe der Kuppe ausgeht. Auch diese Tabelle ist auf Millimeter gestellt.

	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,5	4,975	8,912	12,560	12,616							
1,0	1,262	2,450	4,377	5,581	6,098	6,171					
2,0	0,299	0,595	1,152	1,643	2,037	2,338	2,541	2,658	2,681	2,699	2,712
3,0	0,121	0,242	0,476	0,695	0,839	1,066	1,206	1,316	1,397	1,449	1,483
4,0	0,068	0,120	0,240	0,354	0,464	0,546	0,530	0,702	0,758	0,805	0,838
5,0	0,034	0,069	0,138	0,205	0,247	0,299	0,308	0,390	0,428	0,468	0,476

Eine ausführlichere, Tabelle hat Delcros**) nach der Formel von Schleiermacher berechnet.

*) Delcros in Bibl. Univ. 1818. Mai. p. 1.

**) Bulletin de la soc. géol. de France. T. XII. p. 446. Pogg. Ann. Bd. LI. S. 377.

Halbmesser der Röhre in mm	Höhe des Meniscus in Millimetern.																	
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
1,0	1,268	2,460	3,516	4,396	5,085													
1,2	0,876	1,715	2,484	3,162	3,728	4,190												
1,4	0,638	1,256	1,836	2,363	2,825	3,218	3,542											
1,6	0,484	0,955	1,404	1,820	2,196	2,528	2,812	3,050										
1,8	0,378	0,747	1,103	1,437	1,746	2,024	2,270	2,483	2,662									
2,0	0,302	0,598	0,885	1,158	1,413	1,648	1,859	2,046	2,209	2,348								
2,2	0,245	0,487	0,723	0,948	1,161	1,360	1,541	1,705	1,851	1,978	2,087							
2,4	0,203	0,403	0,599	0,787	0,966	1,135	1,292	1,436	1,565	1,680	1,780	1,866						
2,6	0,170	0,337	0,502	0,661	0,813	0,958	1,093	1,218	1,332	1,436	1,528	1,608	1,676					
2,8	0,143	0,285	0,425	0,560	0,691	0,815	0,932	1,041	1,142	1,235	1,318	1,392	1,456	1,511				
3,0	0,122	0,243	0,362	0,478	0,591	0,698	0,800	0,896	0,985	1,068	1,143	1,210	1,270	1,322	1,368			
3,2	0,105	0,209	0,312	0,412	0,509	0,602	0,691	0,776	0,855	0,928	0,995	1,057	1,112	1,161	1,203	1,238		
3,4	0,091	0,181	0,269	0,356	0,441	0,523	0,601	0,675	0,745	0,810	0,871	0,926	0,976	1,021	1,061	1,095		
3,6	0,079	0,157	0,234	0,310	0,384	0,455	0,524	0,590	0,652	0,710	0,764	0,814	0,860	0,901	0,938	0,970		
3,8	0,069	0,137	0,205	0,271	0,336	0,399	0,459	0,517	0,572	0,624	0,673	0,718	0,760	0,797	0,831	0,861	0,887	
4,0	0,060	0,120	0,180	0,238	0,295	0,350	0,404	0,455	0,504	0,551	0,594	0,635	0,673	0,707	0,738	0,766	0,790	
4,2	0,053	0,106	0,158	0,210	0,260	0,309	0,356	0,402	0,446	0,487	0,526	0,563	0,597	0,628	0,657	0,682	0,705	
4,4	0,047	0,094	0,140	0,185	0,230	0,273	0,315	0,356	0,395	0,432	0,467	0,500	0,531	0,559	0,585	0,609	0,630	
4,6	0,042	0,083	0,124	0,164	0,204	0,242	0,280	0,316	0,351	0,384	0,416	0,445	0,437	0,499	0,522	0,544	0,563	
4,8	0,037	0,074	0,110	0,146	0,181	0,215	0,249	0,281	0,312	0,342	0,370	0,397	0,422	0,445	0,467	0,486	0,504	
5,0	0,033	0,065	0,098	0,130	0,161	0,192	0,221	0,250	0,278	0,305	0,330	0,354	0,377	0,398	0,418	0,436	0,452	
5,2	0,029	0,058	0,087	0,116	0,144	0,171	0,198	0,224	0,248	0,272	0,295	0,317	0,337	0,356	0,374	0,390	0,405	0,418
5,4	0,026	0,052	0,078	0,103	0,128	0,153	0,177	0,200	0,222	0,244	0,264	0,284	0,302	0,319	0,336	0,350	0,364	0,376
5,6	0,023	0,047	0,070	0,092	0,115	0,137	0,158	0,179	0,199	0,218	0,237	0,255	0,271	0,287	0,301	0,315	0,327	0,338
5,8	0,021	0,042	0,062	0,083	0,103	0,122	0,142	0,160	0,178	0,196	0,213	0,228	0,243	0,257	0,271	0,283	0,294	0,304
6,0	0,019	0,037	0,056	0,074	0,092	0,110	0,127	0,144	0,160	0,176	0,191	0,205	0,219	0,231	0,243	0,254	0,264	0,273
6,2	0,017	0,034	0,050	0,067	0,083	0,099	0,114	0,129	0,144	0,158	0,172	0,185	0,197	0,208	0,219	0,229	0,238	0,246
6,4	0,015	0,030	0,045	0,060	0,074	0,089	0,103	0,116	0,130	0,142	0,154	0,166	0,177	0,187	0,197	0,206	0,214	0,221
6,6	0,014	0,027	0,041	0,054	0,067	0,080	0,093	0,105	0,117	0,128	0,139	0,150	0,160	0,169	0,178	0,186	0,193	0,200
6,8	0,012	0,024	0,037	0,049	0,061	0,072	0,084	0,095	0,105	0,116	0,126	0,135	0,144	0,153	0,160	0,168	0,174	0,180
7,0	0,011	0,022	0,033	0,044	0,055	0,065	0,075	0,085	0,095	0,105	0,114	0,122	0,130	0,138	0,145	0,152	0,158	0,163

Endlich hat Bravais*) die gegenüberstehende Tabelle (in Millimetern) berechnet, welche aber nicht die Höhe der Kuppe, sondern den Einfallswinkel der Queckſilberfläche gegen die Röhrenwand (deſſen Beſtimmung S. 734 erläutert worden) zu Grunde legt. Bravais hat nachgewieſen, daß ſeine Tabelle mit der von Delcros nahe dieſelben Beſtimmungen giebt, wenn man dabei auf die S. 734 erwähnte Irradiation Rückſicht nimmt.

Selbſt ein gut ausgekochtes und ganz luftleerer Barometer fängt mit der Zeit etwas Luft und giebt dann den Luftdruck zu gering an. Am beſten iſt es wohl ein ſolches nach einiger Zeit durch Auskochen wieder luftleer zu machen, doch kann man den Einfluß der aufgenommenen Luft auch durch einen Verſuch und eine darauf baſirte Rechnung beſtimmen. Wenn man nämlich die Queckſilbermenge in dem offenen Schenkel vermehrt oder vermindert, ſo wird dieſes in einem luftleeren Barometer keinen Einfluß auf die Höhe der von der Luft getragenen Queckſilberſäule ausüben und wo ſich ein ſolcher Einfluß zeigt, da kann man gewiß ſein, daß ſich über dieſer Säule Luft befinde. Geſetzt man habe in den offenen Schenkel ſoviel Queckſilber zugeſetzt, daß daſelbſt die Säule, wenn der Durchmeſſer dieſes Schenkels auf jenen der Röhre reducirt worden, um a geſtiegen wäre und es ſei die Säule in der Röhre nur um b geſtiegen, ſo rührt die Depreſſion $a - b = y$ von der im leer ſein ſollenden Raume vorhandenen Luft her. Iſt die unbekannte Spannkraft derſelben $= e$, die Größe des Raumes über dem Queckſilber vor dem Zugießen einer neuen Queckſilbermenge entſprechend einem Cylinder vom Durchmeſſer der Röhre und einer Höhe h nach dem Zugießen einer ſolchen von der Höhe hh, ſo iſt dadurch die Spannkraft der Luft in dieſem Raume um y gewachſen und man hat $h : h - b = e + y : e$ und daher $e = \frac{(h-b)\,y}{b}$. Hat man für einen zweiten Verſuch, bei welchem b′ und y′ daſſelbe bedeuten, was beim erſten b und y bezeichneten, ſo iſt wieder $h : h - b' = e + y' : e$ und daher aus beiden Proportionen $h = \frac{bb'(y'-y)}{by' - b'y}$ mithin auch h gegeben, wenn es nicht ſchon vorläufig bekannt ſein ſollte. Die Größe e iſt jeder gemeſſenen Barometerhöhe an einem ſolchen Inſtrumente zuzuſetzen **).

---

*) Ann. de Chim. et Phys. Sér. III. T. V. p. 492. Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 539.

**) Baumgartner, Naturlehre. 8. Aufl. S. 166. Vgl. Kupffer in Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 446. u. Handwörterbuch der Chemie. Art. Barometer.

Ebene	Einfallswinkel.											
	15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°	48°
2,0	0,733	0,869	1,003	1,135	1,265	1,392	1,516	1,635	1,749	1,857	1,962	2,063
2,2	0,643	0,765	0,836	1,003	1,115	1,225	1,334	1,441	1,542	1,638	1,729	1,817
2,4	0,566	0,677	0,786	0,891	0,991	1,088	1,185	1,278	1,365	1,450	1,530	1,607
2,6	0,506	0,604	0,700	0,794	0,884	0,971	1,055	1,137	1,214	1,289	1,361	1,429
2,8	0,451	0,539	0,625	0,709	0,791	0,869	0,943	1,015	1,033	1,150	1,214	1,274
3,0	0,405	0,483	0,560	0,636	0,709	0,780	0,845	0,909	0,970	1,028	1,084	1,138
3,2	0,364	0,434	0,503	0,571	0,637	0,700	0,759	0,816	0,871	0,923	0,972	1,020
3,4	0,327	0,390	0,452	0,514	0,573	0,629	0,682	0,734	0,784	0,831	0,874	0,917
3,6	0,294	0,351	0,407	0,462	0,515	0,566	0,614	0,661	0,706	0,748	0,787	0,825
3,8	0,266	0,317	0,367	0,416	0,463	0,510	0,554	0,596	0,637	0,674	0,710	0,744
4,0	0,239	0,285	0,330	0,374	0,417	0,459	0,499	0,538	0,574	0,608	0,640	0,670
4,2	0,215	0,257	0,298	0,338	0,377	0,414	0,450	0,485	0,518	0,549	0,578	0,605
4,4	0,195	0,232	0,269	0,305	0,340	0,374	0,406	0,438	0,467	0,495	0,521	0,546
4,6	0,176	0,210	0,244	0,276	0,307	0,337	0,367	0,395	0,422	0,447	0,471	0,493
4,8	0,159	0,190	0,220	0,249	0,277	0,305	0,332	0,357	0,381	0,404	0,425	0,445
5,0	0,144	0,172	0,199	0,225	0,250	0,275	0,299	0,322	0,344	0,365	0,384	0,402
5,2	0,131	0,156	0,180	0,204	0,227	0,249	0,270	0,291	0,311	0,330	0,347	0,363
5,4	0,119	0,142	0,164	0,185	0,205	0,225	0,244	0,263	0,281	0,299	0,314	0,328
5,6	0,108	0,128	0,148	0,167	0,185	0,203	0,221	0,238	0,254	0,270	0,284	0,296
5,8	0,097	0,116	0,134	0,151	0,167	0,184	0,200	0,215	0,230	0,244	0,256	0,268
6,0	0,088	0,105	0,122	0,138	0,153	0,167	0,181	0,195	0,208	0,221	0,232	0,242
6,5	0,068	0,081	0,094	0,106	0,118	0,129	0,140	0,151	0,161	0,170	0,178	0,187
7,0	0,052	0,062	0,073	0,083	0,092	0,101	0,109	0,117	0,125	0,131	0,138	0,144
7,5	0,040	0,048	0,056	0,064	0,071	0,078	0,084	0,090	0,096	0,101	0,106	0,111
8,0	0,031	0,037	0,043	0,049	0,054	0,060	0,065	0,070	0,074	0,078	0,082	0,086
8,5	0,024	0,028	0,033	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,057	0,060	0,063	0,066
9,0	0,018	0,021	0,025	0,029	0,032	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
9,5	0,014	0,016	0,019	0,022	0,024	0,027	0,029	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
10,0	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,031

Das Barometer ist, wie gesagt wurde, ein Instrument um die Größe des Luftdruckes zu messen. Man bedient sich desselben also zunächst, um die Veränderungen im Luftdrucke, welche an jedem Beobachtungsorte fortwährend erfolgen, zu beobachten. Die vom Luftdrucke getragene Quecksilbersäule ist bald länger bald kürzer. Die hin- und hergehende Bewegung des Quecksilbers im Barometer nennt man das Schwanken oder Oscilliren des Barometers und jede einzelne Verlängerung und Verkürzung der Säule nennt man eine Schwankung oder Oscillation. Da man aus den Barometerschwankungen die Bewegungen und Elasticitätsveränderungen, welche die Atmosphäre erleidet, erkennt, so ist über dieselben im Art. Atmosphäre der Erde ausführlich gesprochen werden.

Das Wetter hängt zum großen Theil von den Bewegungen und Elasticitätsveränderungen der Atmosphäre ab, daher hat man auch das Barometer als Wetteranzeiger vielfach zu benutzen gesucht und es Wetterglas genannt. Diesen Gebrauch des Barometers ist sogar der gewöhnlichste, und um ihn zu erleichtern pflegen die Barometermacher an den Wettergläsern statt der Scalen Tabellen anzubringen, an welchen zu lesen ist, welches Wetter (sehr schön, schön, veränderlich windig, regnerisch, sehr schlecht ꝛc.) dem jedesmaligen Barometerstande entsprechen soll. Trifft dann zufällig das Wetter mit diesen Bestimmungen zusammen, i sagen die, welche solche Instrumente bezahlt haben, ihr Barometer gehe richtig trifft das Wetter aber nicht mit den Bestimmungen des Barometermachers zusammen, dann heißt es, das Wetterglas gehe falsch. Diese Wetterangaben sind etwas zuverlässiger als die des hundertjährigen Kalenders, aber viel größeren Werth haben sie auch nicht. Von den vielen Factoren, welche das Wetter bedingen, i nämlich der Luftdruck einer, und ein wichtiger, aber doch nur einer, und dah nur geeignet, eine verständige Bestimmung über das bevorstehende Wetter zu gewi ren, wenn man zugleich die übrigen Bedingungen, von denen das Wetter abhän (namentlich Temperatur und Dampfgehalt), zu bestimmen und daraus die richtig Folgerungen abzuleiten vermag. Ich werde hierauf in dem Art. Wetter zurü kommen. Da die Winde Erscheinungen der Bewegung in der Atmosphäre sin so steht das Barometer mit den Winden in einem engen Zusammenhange, welch ich im Art. Wind besprechen werde.

Das Barometer ändert aber seinen Stand auch, wenn die seiner Quecksilb säule das Gleichgewicht haltende Luftsäule kürzer wird, und dies ist namentl dann der Fall, wenn man sich mit einem Barometer der Grenze der Atmosphä nähert, sei es, indem man sich durch Ersteigung von Bergen oder in einem Lu ballon zu größeren Höhen erhebt. Die Abnahme der Länge der Quecksilbersä des Barometers steht in so genauer Abhängigkeit von der Höhe, zu der m emporsteigt, daß das Barometer eines der vorzüglichsten Instrumente zur Höhe messung geworden ist. Wir werden über diesen Gebrauch des Barometers i Art. Höhenmessung ausführlich sprechen.

Ein eigenthümlicher Gebrauch des Barometers und barometerartiger Appa besteht noch zu denjenigen Versuchen, welche man in einem luftleeren Ra anstellen will, namentlich um das Verhalten von Gasen und Dämpfen in leeren Raum und die Spannkraft derselben zu beobachten. Man bringt dann betreffenden Stoffe in die Torricelli'sche Leere eines Barometers. Als B spiel beziehe ich mich hier nur auf die im Art. Absorption S. 39 beschr benen Versuche.

Die Torricelli'sche Leere giebt noch zu Beobachtung eines interessanten elektrischen Phänomens Gelegenheit. Besonders in Barometerröhren aus gewissen Glassorten findet nämlich ein eigenthümliches Leuchten in der Torricelli'schen Leere statt, sobald man durch Neigen des Instrumentes eine Reibung des Queckſilbers an der inneren Glaswand der Röhre bewirkt. Dieses zuerst von Picard 1676 beachtete Leuchten ist in neuerer Zeit allgemein als ein elektrisches anerkannt worden, und es ist eine bekannte Thatsache, daß die Elektricität im luftverdünnten Raume weiter und mit einem phosphorischen Lichte sich ausbreitet. Es mag hierbei daran erinnert werden, daß J. W. Ritter *) schon im Jahr 1804 die Bemerkung machte, daß das stärkere oder schwächere Leuchten des Barometers in einem innern Zusammenhang stehe mit der bald größeren bald geringeren Wirksamkeit der Elektrisirmaschinen und Volta'schen Säulen, woraus er dann weiter folgerte, daß alle diese elektrischen Wirkungen nicht sowohl von dem Feuchtigkeitszustande der Luft, als von deren elektrischer Beschaffenheit abhängen. Ritter sagt über dieses Leuchten noch: J. Bernoulli glaubte entdeckt zu haben und de Luc behauptete noch in seinen Untersuchungen über die Atmosphäre, daß das Barometer nur dann leuchte, wenn das Queckſilber in der Röhre herab, nie, wenn es in ihr hinaufgehe. Wenn jedoch für sein Leuchten gerade ein sehr guter Tag ist, leuchtet es allerdings auch in diesem letzten Falle. Die Leere ist dann, so lange das Queckſilber hin- und hergeht, unaufhörlich voll Feuer; meist bemerkt man zwischen dem Wechsel der Lichtsäulen oder Kegel nicht die geringste Zeit; Eine und die Nämliche scheint bloß länger und kürzer zu werden. Das hellste Licht ist allemal gleich über dem Queckſilberspiegel, wo ein angenehmes Fünkchenspiel statt hat, während das feuerfarbige Licht in der Leere ein ruhiges ist.

Man hielt das Leuchten eine Zeit lang nach Du Fay **) für ein Zeichen davon, daß das Barometer gut ausgekocht sei. Indeß erklärte Musschenbroek ***) für eine Bedingung des Leuchtens die Gegenwart von etwas Luft. Langer †) hat in neuerer Zeit die Bemerkung gemacht, daß ein Queckſilbertropfen sehr leuchtend werde, wenn man ihn in einen luftleeren, aber mit Queckſilberdampf gefüllten Recipienten fallen lasse, daß dies aber nur in einer mittleren Temperatur stattfinde. Nimmt man hierzu noch die bekannte Erscheinung, daß Queckſilbertropfen in luftleeren oder richtiger mit stark verdünnter Luft gefüllten Glasröhren beim Schütteln leuchten, so dürfte sich wohl herausstellen, daß das Leuchten des Queckſilbers weder für die gute noch für die schlechte Beschaffenheit eines Barometers zeugt, sondern nur ein Beweis ist, daß das Glas der Röhre sehr geneigt sei, durch Reiben elektrisch zu werden. Wenn Bohnenberger ††) an seinem Normalbarometer die Erfahrung machte, daß es vor dem Auskochen leuchtete, nach demselben aber nicht mehr, so spricht schon die gleichzeitige Bemerkung, daß durch das Auskochen der Barometerstand nur um kaum 0,03 Linien erhöht wurde, dafür, daß nicht die Gegenwart von einem Antheil Luft das Leuchten vor dem Auskochen bedingt habe; es ist aber bekannt, daß durch das Erhitzen und langsame Abkühlen des Glases dessen Fähigkeit, durch Reibung elektrisch zu

*) Gilb. Ann. Bd. XIX. S. 240.
**) Hist. de l'Acad. 1700.
***) Deluc Recherches §. 69.
†) Compt. rend. T. XVI. p. 408. Pogg. Ann. Bd. LXVIII. S. 303.
††) Pogg. Ann. Bd. VII. S. 383.

werden, vermindert werde. Da im Allgemeinen das sprödeste Glas auch das am stärksten elektrische ist, so dürfte das Leuchten des Barometers auf eine leichte Zerbrechlichkeit der Glasröhre schließen lassen.

Die Beschreibung und Beurtheilung der meisten älteren Barometer siehe in De Luc, Recherches sur la Météorologie T. I. II. (Deluc's Untersuchungen üb. die Atmosphäre. 2 Bde. Leipz. 1776.). — Allgemeine Schriften üb. Barometer sind: Mich. du Crest's kl. Schriften v. Barom. u. Therm., übers. v. J. C. Thenn. Augsb. 1779. — J. C. Hollmann, Röth. Unterricht v. Barom. Götting. 1783. — Magellan's Beschr. neuer Barom. Leipz. 1782. Bülfinger in Com. Pet. I., 317. Bischof in Schweigg. Journ. Bd. XV. S. 397. J. F. Luz Beschreibung von Barometern. Nürnb. 1784. 8. T. W. Voigt, Beiträge zu Verfertigung und Verbesserung des Barometers. Leipz. 1799. 8. Desselben Versuch kritischer Nachträge und Zusätze zu Luz Beschreibung ꝛc. Leipz. 1802. 8. F. Körner, Anleitg. zur Verf. übereinstimmender Therm. u. Barom. Jena 1824. — Nicholson, Anweisung zur Kenntniß ꝛc. aller Arten Bar. ꝛc. Quedlinb. 1834. — Schenkl, das Bar. Brünn 1842. — Benzenberg, einf. Reisebarom. Düsseld. 1811. Winkler, einf. Reisebar. Wien 1821. Eine sehr praktische Beschreibung der Herstellung von Barometern (im Vorhergehenden vielfach benutzt) von Baumgartner in dessen Naturlehre, Supplementband. — J. W. Fischer, der Bar. als Witterungsanzeiger. Wien 1827. — Vergl. Ritter, Grundlage zum Entwurf v. Tabellen, welche den auf die Normaltemp. v. 0° reduc. Barometerstand enthalten. Marb. 1847. Frost, Tafeln zur Correct. des Barom. auf 0° Prag 1847.

Barometerprobe, s. Luftpumpe.

Barometrograph, s. Barometer.

Baroskop, s. Barometer.

Baryt, s. Baryum.

Baryum (v. d. griech. βαρύς, schwer) kommt in der Natur vor als schwefelsaurer (Schwerspath) und kohlensaurer (Witherit) Baryt, und ist ferner ein Bestandtheil des Barytocalcits, des Kreuzsteins, Brewsterits, gewisser Braunsteinarten und einiger anderer Mineralien, sowie auch einiger Mineralwässer. Dargestellt das Baryum zuerst dar, nachdem Berzelius und Pontin dessen Verbindung mit Quecksilber schon früher erhalten und Scheele schon im J. 1774 die Baryterde oder das Baryumoxyd entdeckt hatte. Das Baryumamalgam erhält man, wenn man einen zu einer Schale geformten Teig von Barythydrat, kohlensaurer, salzsaurer oder salpetersaurer Baryterde auf eine mit dem positiven Pole einer starken Volta'schen Batterie in Verbindung gesetzte Platinplatte stellt, mit Quecksilber füllt und in dieses den negativen Draht der Säule leitet. Das so sich bildende Baryumamalgam wird in einer verschlossenen, mit Steinöldampf angefüllten Röhre erhitzt, bis alles Quecksilber sich verflüchtigt hat. Weniger rein erhält man das Baryum, wenn man auf glühenden Baryt Kaliumdämpfe einwirken läßt oder Baryt in einem Kohlentiegel der Einwirkung des Knallgasgebläses aussetzt. Das Baryum ist silberweiß, jedoch wenig glänzend, es ist dehnbar und schwerer als Vitriolöl, schmilzt im verschlossenen Raume unter der Rothglühhitze und verflüchtigt sich nicht beim Glühen. Spec. Gewicht reichlich 4,0. Es oxydirt sich leicht an der Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur und brennt an der Luft gelinde erhitzt mit dunkelrothem Lichte, im Knallgasgebläse mit chrysolithgrüner Flamme zu Baryt (Ba

rsumoxyd, Schwererde, Baryterde); man erhält diese Substanz ferner durch Zersetzung des salpetersauren Baryts in der Glühhitze, durch Weißhitze eines Gemenges von kohlensaurem Baryt mit fein zertheilter Kohle in einem verschlossenen Thontiegel und nach Abich auch durch heftiges Glühen des kohlensauren Baryts bis zum Schmelzen im Sefström'schen Gebläseofen. Der Baryt ist eine grauweiße, leicht zerreibliche Masse, nach Fourcroy von 4,0, nach Karsten von ungefähr 4,7322 spec. Gewicht; er schmilzt vor dem Knallgasgebläse und im Brennpunkte des Brennspiegels, sowie in der heftigsten Weißglühhitze, wobei er dunkelgrau wird, an der Oberfläche bläulich; er ist von alkalisch ätzender Wirkung und außerdem giftig. Der Baryt zieht mit großer Begierde und Wärmeentwickelung Wasser aus der Luft an und durch Auflösung in heißem Wasser erhält man Krystalle von Barythydrat, die man auch erhält, wenn man das durch Glühen von Schwerspathpulver mit Kohle dargestellte Schwefelbarium in Wasser löst und mit Kupferoxyd fällt; die abfiltrirte Flüssigkeit läßt man krystallisiren. Das Barythydrat bildet vier- oder sechsseitige Säulen, die mit vier Flächen zugespitzt sind. Die Krystalle verlieren beim Glühen reichlich 50 Proc. oder 9 At. Wasser und hinterlassen ein weißes, zerreibliches ätzendes Pulver, welches noch 1 At. oder 10,5 Proc. Wasser zurückhält, in schwacher Rothglühhitze zu einer weißen Masse von krystallinischem Gefüge schmilzt und dabei das Wasser nicht fahren läßt. Die kalte, wässrige, gesättigte Lösung heißt Barytwasser, welches wasserhell ist und alkalisch wirkt; 1 Th. trockner Baryt löst sich nach Osann bei 13° in 35, bei 47° in 5 und bei 70° in 5,6 Th. Wasser.

Baryumhyperoxyd bildet sich nach Gay-Lussac und Thénard, wenn man über schwach glühenden Baryt Sauerstoffgas leitet und zu schwach glühendem Baryt chlorsaures Kali zusetzt; von dem gebildeten Chlorkalium läßt es sich durch Auswaschen mit kaltem Wasser befreien. Der Baryt nimmt nämlich dabei noch 1 Atom Sauerstoff auf und wird dadurch in Baryumhyperoxyd (BaO^2) verwandelt. Dieses bildet eine dunkelgraue schmelzbare Masse, die in heftiger Hitze in Baryt und Sauerstoff sich zersetzt, welches ebenfalls bei Behandlung mit heißem Wasser geschieht. Auch Kohle, Phosphor, Bor, Schwefel und Metalle zersetzen es in der Hitze unter Wegnahme des einen Atoms Sauerstoff, Schwefelwasserstoff schon in der Kälte. Mit kaltem Wasser übergossen bildet es ein weißes Hydrat, das nach Liebig und Wöhler 6 At. Wasser zu enthalten scheint und zur Darstellung des Wasserstoffhyperoxydes dient.

Zu vielen Säuren hat der Baryt von allen Basen die größte Verwandtschaft; die Barytsalze sind von den Salzen der Alkalien und alkalischen Erden die meisten, farblos, im Wasser zum Theil schwer oder gar nicht löslich, dagegen mit Ausnahme des schwefelsauren Baryts in verdünnter Salzsäure und Salpetersäure auflöslich, und zeigen ferner, mit Ausnahme derselben Verbindung, giftige Wirkungen; die meisten färben, mit Weingeist übergossen, die Flamme desselben grünlichgelb. Der Baryt bildet neutrale, saure und basische Salze, mit Kohlensäure z. B. ein einfach-, anderthalb- und zweifach-, mit Borarsäure ein ein-, zweifach- und sechsfach-, mit Phosphorsäure ein drittel-, halb-, zweidrittel- und einfach-saures Salz ꝛc., mit Schwefel erhält man ein einfach-, zwei-, drei- und fünffach-Schwefelbarium, und mit Chlor, Jod, Brom und Fluor Verbindungen, die, wie fast alle Barytsalze, sich in schönen Krystallen darstellen lassen. Der salpetersaure Baryt z. B. krystallisirt in weißen

durchsichtigen, luftbeständigen Oktaedern und Cubo-Oktaedern, das Chlorbaryum in weißen, durchscheinenden, dem zwei- und zweigliederigen Systeme angehörenden Säulen und Tafeln, die zuweilen die Form von doppelt achtseitigen Pyramiden annehmen; bei schnellem Eindampfen der Auflösung erhält man die Verbindung auch in dünnen Blättchen krystallisirt; der chlorsaure Baryt krystallisirt in farblosen durchsichtigen vierseitigen Säulen; der jodsaure Baryt bildet ein weißes körnig-krystallinisches Pulver; der schwefelsaure Baryt oder Schwerspath, welcher natürlich in mäßig harten geschoben vierseitigen Tafeln und vielen abgeleiteten Gestalten krystallisirt vorkommt (s. d. Art. Schwerspath), ist künstlich dargestellt ein geschmackloses, weißes, schweres, in starker Hitze schmelzbares, feuerbeständiges und in Wasser unlösliches Pulver; der kohlensaure Baryt, der als Witherit im Mineralreiche in sechsseitigen Säulen, an beiden Enden mit sechs Flächen zugespitzt vorkommt, welche scheinbar dem drei- und dreigliederigen Systeme angehören, in der That aber auf ein rhombisches zwei- und zweigliederiges Prisma von 118° 30′ und 61° 30′ zu beziehen sind, bildet künstlich dargestellt ein zartes weißes Pulver, welches giftig und geschmacklos ist, im Knallgasgebläse und heftigsten Gebläsefeuer schmilzt und dabei nach Abich alle Kohlensäure verliert.

Die qualitative und quantitative Bestimmung des Baryts bei analytischen Untersuchungen ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden; nur wenige Stoffe lassen sich mit so großer Schärfe bestimmen; dieses beruht nämlich auf der Eigenschaft des schwefelsauren Baryts, in verdünnter Salz- und Salpetersäure unlöslich zu sein. Hat man den Baryt mittelst Schwefelsäure aus seiner Auflösung gefällt und filtrirt die Flüssigkeit, ehe der Niederschlag sich noch vollkommen abgesetzt hat, welches oft erst nach längerer Zeit geschieht, so pflegt die Flüssigkeit häufig sehr langsam und trübe durch das Filtrum zu gehen und man ist genöthigt, die Operation des Filtrirens nochmals vorzunehmen; dieser Fall tritt besonders ein und zwar oft auch, nachdem die Flüssigkeit völlig klar geworden ist, wenn man in einer neutralen Lösung einen Schwefelsäuregehalt mittelst Barytlösung zu bestimmen hat; nach Gräger läßt sich dieser Uebelstand vermeiden, wenn man die klar gewordene Flüssigkeit mittelst einer Pipette abhebt und zu dem Niederschlage starken Alkohol hinzufügt, das Filtrum ebenfalls mit Alkohol benetzt und später den auf dasselbe gebrachten Niederschlag mit Wasser vollständig auswäscht. In der Regel jedoch läßt sich namentlich der Baryt aus einer sauren Auflösung mittelst Schwefelsäure schnell und vollständig herausfällen und der Niederschlag leicht filtriren, wenn man nur vor dem Zusatze der verdünnten Schwefelsäure die Lösung fast bis zum Kochen erhitzt hat. Mittelst Kohlensäure oder kohlensauren Ammoniaks kann man den Baryt ebenfalls aus neutralen Lösungen herausfällen, jedoch weniger bequem und vollständig. — Von Kalkerde und Strontianerde trennt man die Barytерde am besten auf die Weise, daß man die letztere durch Kieselfluorwasserstoffsäure aus der die angeführten Substanzen enthaltenden sauren Flüssigkeit herausfällt. Das Kieselfluorstrontium und Kieselfluorcalcium bleiben in der sauren Flüssigkeit gelöst und können nach Zusatz von Schwefelsäure, Eintrocknen und Glühen zur weiteren Bestimmung mit kohlensaurem Natron zusammengeschmolzen werden. Der krystallinische Niederschlag von Kieselfluorbaryum wird abfiltrirt, ausgewaschen und mit dem zuvor gewogenen Filtrum getrocknet, dem Gewichte nach bestimmt und aus demselben der Gehalt an Barytерde berechnet. E. W.

Bascule, s. Wage.

Basen oder Salzbasen (v. d. griech. *βάσις*, Grundlage) sind einfache Verbindungen, welche in ihren Eigenschaften den Säuren entgegengesetzt sind; mit den Säuren bilden sie Salze und werden aus ihren Verbindungen mit denselben durch die Elektricität am negativen Pole der galvanischen Säule ausgeschieden (s. d. Art. Elektrochemie); sie sind also elektropositive Körper und werden durch die Elektricität weiter in Metall und Sauerstoff zerlegt. Auch nennt man oft in jeder Verbindung den elektropositiven Theil, also denjenigen, der bei der Zersetzung im Strome der Volta'schen Säule zum elektronegativen Pole wandert, die Base der Verbindung und das Wort ist in diesem Sinne oft gleichbedeutend mit dem Ausdrucke Radical; so ist z. B. im Wasser der Wasserstoff die Base der Verbindung; in der Regel bleibt jedoch der Begriff der Basis auf den elektropositiven Bestandtheil einer salzartigen Verbindung beschränkt. Die sauerstoffhaltigen Basen werden eingetheilt in Alkalien, alkalische Erden, Erden und schwere Metalloxyde (s. diese Artikel). Außer den gewöhnlichen Sauerstoffbasen spricht man auch von Schwefelbasen, Selen- und Tellurbasen, die man freilich in der Regel Sulfurete, Selenete und Tellurete nennt, und versteht darunter Verbindungen dieser Körper mit Metallen, die gegen andere Schwefel-, Selen- und Tellurmetalle sich elektropositiv, also als Basen verhalten und mit denselben zum Theil den Sauerstoffsalzen ähnliche und ihnen analog zusammengesetzte Verbindungen eingehen. Basische Salze nennt man solche, die mehr Base enthalten, als die sogenannten neutralen Salze; die Benennung basisch und neutral ist bei den Salzen eine relative und wird zuweilen ziemlich willkürlich einer salzartigen Verbindung beigelegt, die sich von einem andern aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzten Salze nur durch einen größern oder geringern Basengehalt unterscheidet.

Basen, organische (Pflanzenalkalien, Alkaloide), nennt man gewisse, der organischen Welt angehörende, theils in der Natur vorkommende, theils erst künstlich darstellbare stickstoffhaltige Substanzen, welche die Eigenschaft besitzen, mit den organischen wie mit den unorganischen Säuren salzartige, meist krystallinische Verbindungen eingehen zu können, die in jeder Hinsicht den Salzen der Alkalien und Metalloxyde entsprechen, deren Stelle diese Pflanzenalkalien in ihrem Verhalten gegen Säuren auch unmittelbar zu vertreten im Stande sind. Im Jahre 1804 wurde die erste organische Base, nämlich das Morphin von Sertürner im Opium entdeckt und später von Pelletier und Caventon mehrere andere, denen bald eine ganze Reihe nachfolgte, so daß man jetzt von den in der Natur vorkommenden organischen Basen die folgenden hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Zusammensetzung und Verbindungen schon ziemlich genau erforscht hat: Aconitin, Bricin, Atropin, Brucin, Chelerythrin, Chelidonin, Chinin, Cinchonin, Codein, Colchicin, Coniin, Corydalin, Cunarin, Daturin, Delphinin, Emetin, Hyoscyamin, Jervin, Morphin, Narcein, Narcotin, Nicotin, Peloſin, Pseudomorphin, Sabadillin, Solanin, Strychnin, Thebain und Veratrin. Zu den künstlich dargestellten organischen Basen gehören das Ammelin, Melamin, Krystallin, das Thiosinammin, Sinammin, Sinapolin, das Odorin, Ammolin und Animin. Die in der Natur fertig gebildet vorkommenden organischen Basen lassen sich meistens leicht aus dem wässerigen Extract der sie enthaltenden Pflanzen gewinnen, wenn man sie durch eine freie Mineralsäure von der mit ihnen verbundenen Säure abscheidet, die Lösung eindampft und nach der Concentration mit wässerigem Alkali mit Kalkhy-

drat oder kohlenſaurem Natron etwas überſättigt, wo dann die Baſe wegen ihrer Schwerlöslichkeit in Waſſer gewöhnlich niederfällt und durch Auflöſen in Alkohol und Umkryſtalliſirung von den ſie verunreinigenden Körpern, namentlich von Farbeſtoff, getrennt werden kann. Mit Gerbſäure gehen die Pflanzenbaſen meiſtens eine unlösliche Verbindung ein, und mit vielen Mineralſäuren und organiſchen Säuren bilden ſie ſchön kryſtalliſirte ſaure, neutrale und Doppelſalze, aber keine baſiſche. Einige der Pflanzenbaſen laſſen ſich unzerſetzt verflüchtigen und alle zeichnen ſich, ſelbſt noch in ihren Salzen, durch einen höchſt bittern Geſchmack und ſehr giftige Wirkungen auf den thieriſchen Organismus aus. Gegen die Anſicht, welche die Alkaloide, die ſämmtlich aus Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Stickſtoff und Sauerſtoff beſtehen, als Oxyde gewiſſer zuſammengeſetzter Radicale betrachtet, läßt ſich deren Unzerſetzbarkeit durch die elektriſche Säule einwenden, und ferner, daß das Sauerſtoffverhältniß derſelben zu dem Sauerſtoff der mit ihnen Verbindungen eingehenden Säuren nicht ein ſo einfaches zu ſein ſcheint, wie dieſes bei den unorganiſchen Baſen der Fall iſt. Dagegen hat die Liebig'ſche Theorie der Pflanzenbaſen viele Anerkennung gefunden; nach dieſer Theorie ſind nämlich die Pflanzenbaſen als Verbindungen eines ſtickſtofffreien Körpers mit Ammoniak zu betrachten, und zwar ſo, daß das Ammoniak in dieſer Verbindung ſeine baſiſche Eigenſchaft gegen die Säuren und dieſelbe Sättigungscapacität wie im freien Zuſtande beibehalten hat; die Pflanzenbaſen wären alſo ganz ähnliche Verbindungen baſiſcher Art, wie einige andere ſaure Verbindungen der organiſchen Chemie, namentlich die Verbindungen der Schwefelſäure mit gewiſſen Subſtanzen, von welchen wir hier die Naphthalin-Aether-, Benzoeſchwefelſäure anführen und in denen die Schwefelſäure ebenfalls dieſelbe Sättigungscapacität, wie im freien Zuſtande, behalten hat. E. W.

Baſis, Baſe, ſ. Grundlage.

Bathometer (v. d. griech. βάθος, Tiefe, und μέτρον, Maß), ein Inſtrument um die Tiefen des Meeres zu meſſen. Dieſe Meſſung geſchieht gewöhnlich unmittelbar mit dem Senkblei oder der Meeresſonde. Dieſe iſt eine ſtarke hänfene Schnur, welche mit kleinen Lappen bunten Zeuges von Klafter zu Klafter eingetheilt iſt, an welcher ein cylindriſches Bleigewicht von 20 bis 50 Pfund (oft noch viel mehr) hängt. Um die Beſchaffenheit des Bodens im Meere kennen zu lernen, welches zu Beſtimmung der geographiſchen Lage des Schiffes dienlich ſein kann, macht man in den Boden des Gewichtes eine Höhlung, welche man mit Talg ausfüllt; in dieſen drückt ſich dann ein Theil der auf dem Grunde des Meeres liegenden Körper (Steine, Muſcheln, Schlamm) ein und wird mit dem Gewichte heraufgezogen. Das Heraufziehen der langen Leine iſt indeß ſehr beſchwerlich, wegen des an derſelben anhängenden Waſſers und dadurch bewirkter Reibung der Waſſertheile an einander. Zudem erhält beim Fortrücken des Schiffes und beſonders auch durch die Meeresſtrömungen, welche in verſchiedenen Tiefen wechſeln, die Leine eine ſchiefe oder gekrümmte Richtung, wodurch die Beſtimmungen ungenau werden.

Das brauchbarſte Inſtrument dieſer Art gab Hook*) an. Es beſteht aus zwei an einander gehängten Körpern, wovon der eine ſpecifiſch ſchwerer, der andere ſpecifiſch leichter iſt als Waſſer. Läßt man ſie ins Waſſer, ſo macht ſich der leichtere alſogleich vom ſchwereren los, ſobald er den Meeresboden erreicht hat, und ſteigt in die Höhe, ſo daß man aus der Zeit, welche vom Augenblicke des Unter-

*) Philos. Transact. T. I. No. 9. p. 147.

sinkens bis zum Emportauchen verfloß, die Tiefe berechnen kann. Diese Berechnung beruht auf folgenden Grundsätzen. Ein fallender Körper bewegt sich nach einem bekannten Gesetze mit beschleunigter Geschwindigkeit (s. d. Art. Fall). Er wird aber, sobald er in irgend einem Medium (Luft, Wasser u. dergl.) fällt, in dieser Bewegung aufgehalten, verzögert und zwar um so mehr, je dichter dieses Medium ist. Hook machte nun die Beobachtung, daß ein im Wasser fallender Körper nach kurzer Zeit von dem Medium, in welchem er sich bewegt, so aufgehalten wird, daß sich seine Geschwindigkeit nicht weiter beschleunigt, sondern er von da an mit gleichbleibender Geschwindigkeit sich fortbewegt, also in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt. In gleicher Weise verhält sich aber auch ein im Wasser vermöge seiner Leichtigkeit in Vergleich mit dem Wasser aufsteigender Körper. Für Seefahrer ist indeß auch das Hook'sche Instrument nicht brauchbar, weil in Folge der Bewegung des Schiffes und der Meeresströmungen der Ort sich nicht bestimmen läßt, wo der auftauchende Körper wieder zum Vorschein kommt, das Erscheinen desselben sich also auch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit beobachten läßt.

Desaguilliers und Hales *) schlugen vor, eine heberförmig gekrümmte, an einem Ende verschlossene und am anderen offenen Ende mit Theriak oder Honig verstopfte, übrigens mit Luft gefüllte Röhre in die zu messende Tiefe hinabzulassen, nach dem Wiederheraufziehen aber die Tiefe zu berechnen aus der Weite, bis zu welcher die stopfende zähe Flüssigkeit in die Röhre hineingedrückt worden. Nach dem Mariotte'schen Gesetze läßt sich nämlich aus dem Raume, auf welchen die Luft in der Röhre zusammengepreßt worden, leicht berechnen, bis zu welcher Tiefe es unter dem Meeresspiegel herabgelassen worden. So richtig die Theorie ist, so viele Schwierigkeiten stellen sich doch der Ausführung solcher Beobachtungen entgegen. Dies gilt auch von der Oersted'schen **) Verbesserung des Instrumentes, welcher zwei Gefäße, ein offenes und ein verschlossenes, durch eine krumme Röhre verbunden haben will, in der sich Quecksilber befindet, welches durch den Druck in der Tiefe in das Innere des geschlossenen Gefäßes gepreßt wird, in diesem liegen bleibt und aus seiner Quantität die Größe des Druckes in der Tiefe erkennen läßt.

Ich übergehe andere, noch complicirtere Apparate ***), welche gleich unpraktisch sind und vermöge ihrer Zusammensetzung unmöglich zuverlässige Resultate geben können. Ebenso wenig will ich hier die fälschlich auch als Bathometer bezeichneten Instrumente erwähnen, welche man erfunden hat, um Meereswasser aus der Tiefe herauf zu holen, namentlich auch um dessen Temperatur zu bestimmen; wir werden über diese Apparate im Art. Meer sprechen. Dagegen will ich noch die ausführlichere Beschreibung einer Verbesserung des gewöhnlichen Senkbleies mittheilen, welche von Aimé †) herrührt und wohl das Praktischste sein dürfte, was man zur Messung der Meerestiefe hat. Es beruht im Wesentlichen darauf, daß es dem Hauptübelstand abhilft, nach welchem das Senkblei aus größeren Tiefen nur sehr schwer und sehr langsam herauf zu ziehen ist. Das Instrument

*) Philos. Transact. T. XXXV. p. 417.

**) Comm. Bonon. T. V. P. I. p. 280.

***) Vergl. Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. II. S. 943. Bd. VI. S. 1614. In Gilbert's Ann. Bd. XXXIII. befindet sich ein Auszug aus einem Bericht von L'Eveque über A. von Stipriaan Luiscius' Beschreibung einer Meeressonde oder eines Bathometers ꝛc., welcher eine Uebersicht der älteren hierher gehörigen Erfindungen enthält.

†) Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. VII. p. 497. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 412.

(Fig. I. u. II.) ist so eingerichtet, daß man das Senkblei oder überhaupt den schweren Körper, welcher den Apparat herunterzieht, in der Tiefe ablösen kann, um dann ohne denselben die Schnur desto leichter und schneller heraufziehen zu können. Es besteht aus einem kleinen Hohlcylinder von Kupfer, in welchen ein Stäbchen mit sanfter Reibung hineingeht. Der äußere Theil dieses Stäbchens endigt in einer kleinen Scheibe; der innere ist unten hakenförmig gekrümmt. Dieser Haken steht bei einer gewissen Stellung des Stäbchens vor einer in der Seitenwand des Cylinders angebrachten Oeffnung, entfernt sich aber von derselben, sowie das Stäbchen hinuntergeschoben wird. An den Enden des Cylinders sitzen zwei kleine Ringe: einer oben, um das Seil aufzunehmen, welches durch den Mittelpunkt der genannten Scheibe geht, der andere unten zur Aufnahme eines Kupferstäbchens, welches in der Mitte ein Charnier hat und dadurch aufwärts gebogen und mittelst eines Ringes an seinem Ende auf den Haken gesteckt werden kann. In der Biegung hängt das Senkblei. Soll dieses abgelöst werden, so wird ein auf das Seil gesteckter Bleiring hinunter gelassen; dieser drückt auf die Scheibe, schiebt den Haken hinab und löst das Stäbchen aus, dieses schlägt um und das Stäbchen fällt ab. Der Kostenersparung wegen kann man das Senkblei durch Steine ersetzen. Bei den gewöhnlichen Peilungen belastet man das Seil nur mit der Hälfte des Gewichtes, welches zum Zerreißen desselben erforderlich ist. Bei größeren Tiefen kann man es zu zwei Drittel oder drei Viertel dieses Gewichtes belasten und spart dadurch an Zeit, weil es dann schneller hinabsinkt. Auch ist man dabei der Senkrechtheit des Seiles sicherer. Da die Reibung des Seiles am Wasser seinem Durchmesser proportional ist, so ist es vortheilhaft, seidene Seile anzuwenden, die an Dichte wenig vom Meerwasser abweichen und eine größere Festigkeit besitzen als Hanfseile. Es ist auch gut, Seile von verschiedener Festigkeit an einander zu knüpfen, die festesten nach oben. Es ist auch vortheilhaft, zwei oder mehrere solcher Auslösungsapparate anzuwenden. Den ersten läßt man an einem dünnen Seile hinab, und wenn es bis zu solcher Tiefe gelangt ist, daß das Seil nicht mehr recht zieht, so bindet man es an den zweiten Apparat, dessen Seil wenigstens doppelt so großen Durchmesser hat, und läßt nun das Ganze langsam weiter hinunter, so daß das erste Seil senkrecht bleibt. Will man die Operation beenden, so läßt man einen kleinen Bleiring hinab, der den ersten Haken auslöst; nach einigen Minuten sendet man einen zweiten Ring hinunter von solcher Oeffnung, daß er über den ersten Apparat hinweggeht und vom zweiten das Gewicht abtrennt. Das Seil dieses unteren Apparates muß also neben dem ersten bis zum Beobachter hinaufreichen. Auf dieselbe Weise kann man, bei sehr großen Tiefen, einen dritten Apparat zu Hülfe nehmen, um zu wissen, ob man den Grund erreicht hat, an den unteren ein mit Talg bestrichenes Blei binden. Die Festigkeit der Seile muß zuvor ermittelt sein. Auch ist zu bemerken, daß die Peilungen großer Tiefen, selbst bei stillem Wetter, nicht vom Schiffe aus unternommen werden können, weil, wegen der Winde, die selbst ganz fehlen, und wegen der Strömungen an der Oberfläche des Meeres, das Seil immer abtreibt. Man muß sich auf ein Boot mit Ruderern begeben, die immer darauf achten, daß das Seil senkrecht sei.

I. II.

Batterie, elektrische, s. Flasche.
Batterie, galvanische, s. Kette.
Batterie, magnetische, s. Magnet.

Bauchredner (lat. ventriloquus, franz. ventriloque, engl. ventriloquist) ist ein Mensch, welcher (wie man meint, mit Hülfe des Bauches) so zu sprechen versteht, daß die ihn Beobachtenden meinen, ein anderer von ihm verschiedener und entfernter Mensch rede.

Es ist gewiß, daß die Kunst des Bauchredens schon den Alten bekannt war. Schon in der Septuaginta wird derselben gedacht, wahrscheinlich wurden auch bei den Orakeln Bauchrednerkünste in Anwendung gebracht. In Griechenland muß es einen Bauchredner Eurikles gegeben haben, welcher sich seiner Kunst zum Wahrsagen bediente und von dem erzählt wurde, daß er einen Dämon (Geist) im Leibe gehabt habe. Von ihm hießen später alle Bauchredner Eurikles. Auch von den griechischen Aerzten wird von Bauchrednern gesprochen, und Galenus sagt: die Bauchredner (griech. Engastrimythen) hätten mit verschlossenem Munde geredet, wodurch es geschienen habe, als wenn sie aus dem Bauche redeten.

Die Bauchredner werden bei Ausübung ihrer Kunst sehr durch den Umstand unterstützt, daß sich das Gehör des Menschen leicht täuschen läßt, indem dasselbe nur schwer die Richtung, von welcher ein Schall kommt, unterscheiden kann. Spricht z. B. Jemand mit verstellter Stimme, besonders aus einiger Entfernung, und ist eine andere Person in seiner Nähe, welcher diese Stimme angemessener scheint, so werden wir anzunehmen geneigt sein, daß die letztere Person spreche. Die Täuschung wird vollständig sein, wenn wir an der wirklich sprechenden Person keine Bewegung der Lippen wahrnehmen. Wie leicht sich das Ohr täuschen lasse, sehen wir schon daraus, daß sehr häufig auf dem Theater eine Person sich benimmt, als wenn sie ein in ihren Händen befindliches Instrument spiele, während dasselbe in der That hinter den Coulissen oder im Orchester gespielt wird. Macht der Schauspieler die gehörigen Bewegungen, so ist es leicht, die Zuschauer so zu täuschen, daß sie glauben, er spiele in der That selbst das Instrument. Großes Aufsehen haben in vielen Städten Europa's die Vorstellungen Alexanders gemacht. Dieser bewirkt die Täuschung nicht allein durch seine Bauchrednerkünste, sondern vorzüglich auch durch seine Gewandtheit und Schnelligkeit im Umkleiden und durch die Kunst, sich unsichtbar zu machen. Er tritt z. B. als betrunkener Kutscher auf das Theater, setzt sich auf einen Stuhl und legt sich fortwährend sprechend mit dem Kopfe auf einen seiner Arme, gleichsam um einzuschlafen; indeß zieht er sich unter dem Hute und aus dem Mantel unvermerkt heraus, gelangt durch eine Versenkung von der Bühne, und während die Zuschauer glauben, er befinde sich noch in der Kleidung des Kutschers auf der Bühne, tritt er z. B. als reisender Gentleman auf die Bühne. Er kann sich nun sogar, indem er bald die Sprache des Engländers, bald die des betrunkenen Kutschers nachahmt, mit dem letzteren unterhalten, und die Zuschauer werden leicht zu täuschen sein, weil sie ja den Kutscher noch immer in seiner früheren Stellung da liegen sehen. Auch die Kunst, die Stimme so zu dämpfen, als wenn sie aus einem entfernten oder verschlossenen Orte käme, bewirkt leicht Täuschungen. So sehen wir Alexander als einen fetten ältlichen Mann in einen Kasten kriechen, welchen er über sich zufallen läßt. Durch eine Versenkung von der Bühne entfernt, tritt Alexander gleich darauf als ein magerer bartloser Bedienter auf, sucht den alten Herrn in seinem Versteck, spricht mit

ihm, indem er die Stimme des alten Herrn so dämpft, als wenn sie aus dem Kasten käme; ja er öffnet und schließt abwechselnd den Kasten, indem er zugleich bald mit gedämpfter, bald mit hellerer Stimme den alten Herrn reden läßt, dazwischen auch mit der Stimme eines Bedienten hineinredet.

Man erzählt sehr viel Anekdoten von Bauchrednern, wie dieselben ihre Kunst theils zu scherzhaftem, theils zu böswilligem Betruge benutzt haben. Wir wollen nur einige mittheilen, welche zeigen, wie diese Kunst zu vermeintlich übernatürlichen Dingen benutzt worden und dadurch den Aberglauben zu befördern und zu bestätigen gedient hat.

St. Gille, ein Gewürzkrämer von St. Germain en Laye, von dessen Leistungen Abbé de la Chapelle Nachricht gegeben hat, flüchtete vor dem Ungemach des Wetters in ein benachbartes Kloster, dessen Mönche in tiefer Trauer über ein sehr geschätztes Mitglied ihrer Gesellschaft waren, das erst vor Kurzem beerdigt wurde. Beklagend am Grabe des hingeschiedenen Bruders die geringe Auszeichnung, welche sie seinem Andenken gewähren konnten, hören sie plötzlich eine Stimme vom Chor herab, die den Zustand des Verstorbenen im Fegefeuer beweint und der Brüderschaft wegen ihres Mangels an Eifer Vorwürfe macht. Die Kunde dieses übernatürlichen Ereignisses versammelt alle Mönche in der Kirche. Die Stimme von oben wiederholt ihre Klagen und Vorwürfe, und der ganze Convent fällt nieder auf das Antlitz, gelobend den begangenen Fehler wieder gut zu machen. Dem zufolge stimmen sie in vollem Chor ein de profundis an, wo dann während der Pausen der Geist des verstorbenen Mönches seine Zufriedenheit mit ihren frommen Leistungen äußerte. Der Prior eiferte nachmals gegen die Zweifelsucht unserer Tage an der Wahrheit von Geistererscheinungen, und St. Gille hatte die größte Mühe, die Brüderschaft von dem ihr gespielten Betruge zu überzeugen.

Ein anderer Bauchredner, Ludwig Brabant, Kammerdiener von Franz I., hatte ein Liebesverständniß mit einer reichen Erbin angeknüpft, wurde jedoch von den Aeltern des Mädchens, die diese Heirath für unpassend hielten, abgewiesen. Nach des Vaters Tode machte Ludwig der Witwe einen Besuch. Kaum hatte er das Haus betreten, als sie die Stimme des verstorbenen Gatten von oben erschallen hörte, die ihr sagte: „Gieb meine Tochter dem Ludwig Brabant, der ein Mann von großem Vermögen und vortrefflichem Charakter ist. Ich erleide die härtesten Qualen des Fegefeuers, weil ich sie ihm verweigerte. Gehorche dieser Ermahnung und schenke der Seele deines armen Gatten ewige Ruhe.“ Diesem ehrwürdigen Befehle konnte nicht widerstanden werden und die Witwe erklärte ihre Einwilligung. Als jedoch der junge Ehemann zu seiner neuen Einrichtung Geld brauchte, entschloß er sich durch Furcht auf einen gewissen Cornu, einen alten Banquier zu Lyon, zu wirken, der durch Wucher und Erpressungen ein bedeutendes Vermögen erworben hatte. Er veranstaltete eine Zusammenkunft mit dem Geizhalse, brachte das Gespräch auf Dämonen und Geister und die Qualen des Fegefeuers. Als die Unterhaltung einige Zeit schwieg, ließ sich die Stimme des verstorbenen Vaters des Geizhalses hören, der über seine unglückliche Lage im Fegefeuer wehklagte und es seinem Sohne zur Pflicht machte, ihn daraus dadurch zu erlösen, daß er die in türkischer Gefangenschaft befindlichen Christen loskaufe. Zugleich wurde dem von Schreck ergriffenen Geizhalse die ewige Verdammniß gedroht, wenn er nicht auf diese Art eine Sühne für seine Sünden darbrächte. Der Geizhals hielt jedoch seinen Mammon mit starker Hand so fest, daß der Bauchredner zu

einem zweiten Besuche genöthigt war. Bei dieser Gelegenheit wandte sich nicht bloß sein Vater, sondern alle seine verstorbenen Verwandten an ihn, daß er für das Heil seiner und ihrer Seelen sorgen möge. Diese Klagen waren so laut, daß die Seele des Banquiers besiegt wurde und er dem Bauchredner zehntausend Kronen gab, um die christlichen Gefangenen loszukaufen. Als späterhin der Geizhals enttäuscht wurde, so war die Kränkung für ihn so groß, daß sie ihm den Tod zugezogen haben soll.

Comte hat besonders großes Aufsehen gemacht. Unter andern veranlaßte r zu Tours das Aufbrechen einer Bude, aus welcher ein vor Hunger Sterbender um Rettung bat, setzte in Rheims die Einwohner in Schrecken, als die Todten zu eden anfingen, ließ zu Nevers einen Esel reden und sich weigern, seinen Führer änger zu tragen, heilte mehrmals Gemüthskranke durch das Austreiben der bösen Geister, verjagte einst aus einer Kirche eine Menge revolutionärer Bilderstürmer adurch, daß er die Statuen reden und ihnen ihren Vandalismus vorwerfen ließ, ettete sich aber selbst im Canton Freiburg gegen die Bauern, welche ihn als Schwarzkünstler in einen Ofen werfen wollten, nur dadurch, daß er eine fürchterliche Stimme aus demselben erschallen ließ, wodurch die Eiferer verjagt wurden.

Wie im Alterthume, so wird die Bauchrednerkunst auch noch in unsern Zeiten ei ungebildeten Völkern als Zauberei ausgeübt. So fand Capitain Lyon unter en Eskimaux von Igloolik Bauchredner von großer Geschicklichkeit. Er erzählt: Unter unsern Iglooliker Bekannten waren zwei weibliche und einige männliche auberer; unter letzteren war Toolemak der vornehmste. Dieser war verschlagen nd verständig und wurde entweder wegen seines Standes oder wegen der Erfahrung i der Jagd oder vielleicht wegen beider vom ganzen Stamme als ein Mann von Richtigkeit betrachtet. Da ich stets seinen Ansichten in Allem, was auf seinen Beif Beziehung hatte, einen besondern Vorzug einräumte, so theilte er mir offen ine höheren Kenntnisse mit, und trug kein Bedenken, mir die Erlaubniß zu erteilen, bei seiner Zusammenkunft mit Torngа, dem ihn beschützenden Geiste, gegen zu sein. Demzufolge ersuchte ich meinen Freund, mir sobald als möglich ine Geschicklichkeit in meiner Kajüte zu zeigen. Seine alte Frau war bei meiner itte zugegen und durch einige Schmeicheleien, das zufällige Vorzeigen eines glänenden Messers und einiger Korallen erwarb ich mir ihre Fürsprache. Es wurde lles verfinstert, der Zauberer richtete mit großer Heftigkeit einen Gesang an seine rau; sie erwiderte dies durch das Singen des Amna-aya, welches, so lange die eremonie dauerte, ununterbrochen fortgesetzt wurde. So weit ich es durch das Geör unterscheiden konnte, fing er nochmals an, mit großer Heftigkeit sich im Kreise rumzudrehen und mit lauter kräftiger Stimme und Ungeduld Torngа herbeirufen, wobei er zu gleicher Zeit wie ein Wallroß schnaubte und blies. Das eräusch, welches er machte, sowie seine Ungeduld und Heftigkeit nahmen mit dem Augenblicke zu. Zuletzt setzte er sich auf das Verdeck, veränderte seine Töne id raschelte mit den Kleidern. Auf einmal schien die Stimme gedämpft und urde so behandelt, daß es schien, als wenn er sich unter das Verdeck zurückziehe; wurde mit jedem Augenblicke ferner und zuletzt schien es, als wenn sie mehrere ß tief unter der Kajüte herkäme, worauf sie gänzlich verstummte. Die Frau ntwortete auf meine Fragen: er habe untergetaucht und würde jetzt Torngа raufsenden. Demgemäß hörte man nach einer halben Minute ein entferntes lasen, welches sich langsam näherte, und eine von der ersten verschiedene Stimme

miſchte ſich zuweilen mit dem Blaſen, bis endlich beide Töne deutlich wurden und mir nun die alte Frau ſagte: Torngа ſei gekommen, meine Fragen zu beantworten. Ich that demzufolge mehrere Fragen an den ſcharfſinnigen Geiſt; auf jede derſelben erfolgten zwei laute Schläge auf das Verdeck, was, wie mir geſagt wurde, ein günſtiges Zeichen war.

Eine ſehr hohle, jedoch kräftige Stimme, ganz verſchieden von den Tönen des Toolemak, ſang jetzt einige Zeit und ein furchtbarer Wirrwarr von Ziſchen, Seufzen, Schreien und Kollern wie ein türkiſcher Hahn folgten raſch auf einander. Die alte Frau ſang mit verſtärkter Kraft, und da ich es für ausgemacht annahm, daß dieſes alles geſchehe, um den Kablorna in Schrecken zu ſetzen, ſo rief ich wiederholt: daß ich mich ſehr fürchte. Dies war, wie ich erwartete, Nahrung für das Feuer, bis endlich der arme Unſterbliche, durch ſeine eigene Macht erſchöpft, um Erlaubniß bat, ſich zurückzuziehen.

Die Stimme nahm nach und nach ab, wie anfänglich, und es folgte ein ſehr undeutliches Ziſchen; beim weiteren Fortgange klang ſie wie der Ton, welchen der Wind auf der Baßſaite einer Aeolsharfe hervorbringt. Dieſer Ton verwandelte ſich bald in ein raſches Ziſchen wie das einer Rackete und mit lautem Geheul verkündigte Toolemak ſeine Rückkehr. Bei dem erſten entfernten Ziſchen hielt ich meinen Athem an und athmete zweimal aus; der Zauberer hingegen athmete nicht ein einziges Mal und ſelbſt das Geheul bei der Wiederkehr wurde ausgeſtoßen ohne vorhergehenden Einhalt oder Einathmen der Luft.

Es wurde Licht gebracht. Der Zauberer befand ſich, wie man erwarten konnte in einem ſtarken Schweiß und durch ſeine Leiſtungen, die wenigſtens eine halbe Stunde gedauert hatten, gewiß ſehr erſchöpft. Wir bemerkten jetzt ein paar Büſchel, von denen jeder aus zwei Streifen von der Haut eines weißen Hirſches beſtand und ein langes Stück Sehne, das an dem Rücken ſeines Gewandes befeſtigt war. Dieſe waren früher von uns nicht bemerkt worden, und wir erfuhren, daß, während er unten war, Torngа dieſelbe angenähet habe*).

Fragt man einen Bauchredner, wie er ſeine Kunſt ausübe, ſo weiß er keine beſtimmte Auskunft zu geben. Daher iſt die ſogenannte Bauchrednerkunſt richtiger eine natürliche Geſchicklichkeit als eine Kunſt zu nennen, indem ſich keine Mittel angeben laſſen, durch welche ein Jeder, wenn auch in geringer Vollkommenheit, dieſelbe erlernen könnte. Einige haben geglaubt, die Bauchredner ſprächen nicht beim Ausſtoßen, ſondern beim Einziehen der Luft, alſo gleichſam nach innen; allein dieſe Annahme iſt unrichtig. Nach Hallé, Pinel und Percy beruht das Weſen des Bauchredens in derjenigen Modification der Stimme, welche durch die Reſonanz des Gaumens, der Zähne, der Lippen und der andern Sprachwerkzeuge hervorgebracht wird, insbeſondere aber in einer ſichtbaren Zuſammenziehung und Verengerung der Bruſt, wodurch dieſe ihre Reſonanz verlieren ſoll. Hiermit ſtimmt die Ausſage eines Bauchredners von großer Fertigkeit überein, er habe ſich anfangs Bruſt und Bauch durch eine Binde zuſammengeſchnürt, ſpäter aber habe er nur zuweilen durch einen Druck der Hand gegen die Seite die Anſtrengung der Bauchmuskeln zu erleichtern**).

---

*) Priv. Journ. of Cap. Lyon. Lond. 1824. p. 358. 361. Brewſter's Brief üb. die Magie. Ueberſ. v. Wolff. Berlin 1833. S. 213.

**) Voigt's Magazin. Bd. II. S. 240.

Autenrieth *), Gough **) und Gilbert ***) haben über die Kunst des Bauchredens wissenschaftliche Bemerkungen gemacht, ohne den Gegenstand erschöpfen zu können. Das Gründlichste, was über denselben gesagt worden, ist wohl folgende Aeußerung von Müller †). „Ich bin im Stande, durch Anwendung der sogleich anzugebenden Mittel sehr geläufig in den Tönen der Bauchredner zu sprechen, und ich bin überzeugt, daß die Bauchredner sich dieses Mittels bedienen müssen. Zu diesem Zwecke inspirire ich tief, so daß das abwärts steigende Zwergfell die Baucheingeweide stark nach vorwärts treibt; nicht während der Inspiration bilde ich dieses eigenthümliche Register von Tönen, um welche es sich handelt, sondern beim Ausathmen, aber das Ausathmen ist eigenthümlich, es geschieht bei ganz enger Stimmritze, sehr langsam durch Contraction der Brustwände, während das Zwergfell seine Stellung wie bei der Inspiration behauptet und der Bauch also während des Sprechens bei der Exspiration aufgetrieben bleibt. Durch Intonation bei ganz enger Stimmritze und schwachem Anspruch mit den bloßen Seitenwänden der Brust ohne die Bauchmuskeln entsteht das eigene Timbre der Töne dieses Registers. Man kann auf diese Art Töne bilden, wie der Ruf eines Menschen aus weiter Ferne. Anfangs glaubt man, weil der Bauch beim Reden angeschwollen bleibt, das Bauchreden geschehe bei der Inspiration; man kann sich aber bald überzeugen, daß man wirklich exspirirt; denn wenn man so lange das Bauchreden fortgesetzt hat, bis man keinen Athem mehr hat, so ist die Brust immer enger geworden und es ist, wenn kein weiterer Ton aus Mangel an Luft in der Windlade mehr möglich ist, nun wieder eine Inspiration nöthig."

Becherapparat, s. Kette.

Bedeckung der Gestirne. Die Bedeckung oder Occultation eines Gestirns geschieht, wenn, von einem Standpunkte der Erdoberfläche aus gesehen, in der Erde näheres Gestirn ein entfernteres Gestirn theilweise oder ganz scheinbar bedeckt. Es kann mithin der Mond die Sonne oder einen Planeten oder auch einen Fixstern, ein Planet einen andern Planeten oder auch einen Fixstern bedecken. Die Bedeckung der Sonne durch den Mond heißt, je nach den verschiedenen möglichen Umständen, eine partielle, ringförmige oder totale Sonnenfinsterniß (s. d. Art. Sonnenfinsterniß); aber die Bedeckungen der Planeten unter sich sind große astronomische Seltenheiten. Es werden daher unter Bedeckungen im engern, gewöhnlichen Sinne bloß die der Planeten und Fixsterne durch den Mond verstanden; die letztern können natürlich sehr häufig vorfallen. Eine jede Bedeckung ist offenbar keine wirkliche Verdeckung, sondern ein bloß scheinbares Phänomen, dessen Stattfinden, Dauer, Größe und Form von dem Stande der Erde gegen den bedeckenden und den bedeckten Himmelskörper, sowie von der Lage des Beobachtungsortes auf der Erdoberfläche abhängt. Man muß also die Parallaxe berücksichtigen, da diese eine Bedeckung für zwei, in verschiedenen geographischen Breiten wohnende, Beobachter auch verschieden wahrnehmen läßt; ja es kann sogar eine Bedeckung z. B. in Nordamerica stattfinden, während man in Mexico nichts von dieser Bedeckung wahrnimmt. Hierbei wird jedoch nicht etwa

*) Mem. of Manchester. Vol. V. part. 2.

**) Gilb. Ann. Bd. XXXVIII. S. 93.

***) Gilbert's Ann. Bd. XXXVIII. S. 110. Gilbert beruft sich auf die Mittheilungen des geschickten Bauchredners Charles, dessen Leistungen er auch beschreibt.

†) Handbuch der Physiologie. Bd. II. S. 240.

der vielleicht sehr große Mittagsunterschied berücksichtigt, d. h. nicht der Umstand, daß die Bedeckung für den einen Ort am Tage, für den andern Ort bei Nacht vorfällt. — Im Allgemeinen werden bei einer Bedeckung zwei Momente unterschieden: der Eintritt (Immersio) und der Austritt (Emersio). Jener ereignet sich, sobald ein Gestirn das andere zu bedecken beginnt, dieser aber, sobald das bedeckte Gestirn anfängt, hinter dem bedeckenden Gestirn wieder hervorzutreten. Diese beiden Momente geschehen bei den Sternbedeckungen gewöhnlich plötzlich; doch geschieht es bisweilen auch, daß ein Stern den Mondrand gleichsam nur streift, also der Stern abwechselnd hinter Randgebirgen verschwindet und wieder hervortritt, was sehr interessant zu beobachten ist. Dagegen finden bei den Bedeckungen von Sonne und Mond, Mond u. Planeten, Planeten u. Planeten offenbar zwei Eintritte und zwei Austritte, innere und äußere (innere und äußere Berührung der Ränder), statt. — Eine an zwei Orten auf der Erdoberfläche wirklich beobachtete Bedeckung läßt sich, wegen der großen Genauigkeit, mit der solche Beobachtungen angestellt werden können, ganz besonders zu Längenbestimmungen anwenden (mehr hierüber siehe im Art. Breite und Länge, geographische), weshalb man auch in den astronomischen Ephemeriden die Bedeckungen im Voraus berechnet mitzutheilen pflegt. J.

Beobachtung ist in der Physik das wesentliche Mittel, Erfahrungen zu sammeln. Man pflegt gewöhnlich die Beschäftigungen der Physiker in Beobachtungen und Versuche oder Experimente zu theilen, so nämlich, daß bei der Beobachtung der Physiker seine Aufmerksamkeit auf den Vorgang einer Naturerscheinung richtet, während er beim Versuche die Erscheinung selbst veranlassen oder, was die Natur im Großen vollführt, im Kleinen nachahmen will. So kann man ein Gewitter beobachten, wenn man sein Augenmerk auf den Vorgang der Erscheinung richtet; man kann es aber auch in einem Versuche mittelst einer Elektrisirmaschine nachahmen. Indeß wird jeder Versuch für die Wissenschaft unnütz und fruchtlos sein, wenn nicht wieder auch an ihn eine Beobachtung geknüpft ist. Die Kunst, richtig und genau zu beobachten, macht den guten Physiker aus und ist nicht so leicht, als es den Anschein haben mag. Nicht allein ist es nöthig, daß der Beobachter gute Sinnesorgane habe, sondern er muß auch vorurtheilsfrei sein, welches sehr schwer ist. Die Unwissenheit giebt eine große Menge von Vorurtheilen, ebenso viele aber auch eine gewisse Halbbildung, welche sehr häufig das Augenfälligste nicht sehen will, bloß weil sie selbstgefällig abspricht, daß es nicht möglich wäre, weil sie es nicht zu begreifen im Stande ist. Diese letzte Art von Vorurtheilen hat der Wissenschaft mehr Schaden gethan als die der Unwissenheit. Man kann sich indeß auch leicht überreden, etwas wahrzunehmen, was gar nicht vorhanden ist. Dies wird besonders begünstigt durch die Trüglichkeit aller Sinne des Menschen. Es ist bekannt genug, daß alle Sinne täuschen, was so weit geht, daß wir von keiner einzigen Beobachtung behaupten können, daß die aus ihr gewonnene Erfahrung, das Resultat, völlige Schärfe und Bestimmtheit habe. Derjenige Sinn, welcher am meisten bei Beobachtungen benutzt wird, weil er unter allen der schärfste und deutlichste ist, ist das Gesicht. Es ist dieses zugleich auch der einzige Sinn, dem man mit Hülfe besonderer Instrumente zu den Beobachtungen eine noch größere Schärfe zu geben versteht, mit Brillen, Fernröhren, Mikroskopen, Lupen. Man unterscheidet hiernach Beobachtungen, welche mit freiem oder bloßem Auge, und Beobachtungen, welche mit bewaffnetem Auge angestellt sind. Um Beobachtungen mit bewaffnetem Auge anstellen zu können, ist es nöthig, daß

man mit den betreffenden Instrumenten umzugehen verstehe. Bei Versuchen ist überdies noch nöthig, daß man genaue Kenntniß der in Bewegung zu setzenden Kräfte und der Mittel, sie zu erregen, also auch der Instrumente, die zu benutzen sind, habe. Aber auch bei der größten Geschicklichkeit und den umfassendsten Kenntnissen, bei den schärfsten Sinnen lassen sich doch keine Beobachtungen von absoluter (vollkommener) Schärfe des Resultates anstellen. Es ist daher nöthig, daß man weiß, bis zu welchem Grade die Resultate genau sind.

Um bestimmter den bei einer Beobachtung erreichten Grad von Genauigkeit anzugeben, muß man einestheils wissen, wie weit die Genauigkeit des angewandten Sinnes geht, anderntheils aber auch, wie weit die Genauigkeit der angewandten Instrumente sich erstrecke *).

Um bis zu einem gewissen Grade genaue Resultate zu erhalten, pflegt man unter denselben Umständen dieselben Beobachtungen zu wiederholen, oder man führt unter verschiedenen Umständen gemachte Beobachtungen derselben Erscheinung auf gleichmäßige Umstände zurück (reducirt sie); so z. B. pflegt man Barometerbeobachtungen auf diejenige Temperatur, welche das Wasser im Gefrierpunkte hat, zu reduciren. Man hält nun diejenigen Resultate für die richtigeren, in welchen die meisten Beobachtungen übereinstimmen, oder die einzelnen Resultate für so weit richtig, als sie mit den meisten Resultaten der anderen Beobachtungen übereinstimmen.

Wenn von einer durch Beobachtungen zu ermittelnden Größe, z. B. von der Pendellänge unter einer bestimmten geographischen Breite, viele Beobachtungen, die sämmtlich für gleich gut unter einander gehalten werden, vorhanden sind, so werden dennoch diese erhaltenen Pendellängen noch etwas unter sich differiren. Indessen wird sich bald zeigen, daß gewisse Zahlen öfter vorkommen als die übrigen, welche zwar von jenen in kleinern oder größern Entfernungen abstehen, aber doch um sie herum gruppiren werden. — Man könnte nun, was auch meistens geschieht, von n erhaltenen Resultaten r_1, r_2, r_3, .. r_n, aus denen die zu sehr abweichenden bereits ausgeschlossen worden, das sogenannte arithmetische Mittel $M = \frac{1}{n}(r_1 + r_2 + r_3 + \ldots r_n)$ berechnen und als das gesuchte wahre Resultat gelten lassen, welches, gleichsam als mittlere Beobachtung, ebenso im Allgemeinen, wie die einzelnen Beobachtungen, auch etwas fehlerhaft sein wird. Jedoch muß aller Wahrscheinlichkeit nach der Fehler von M weit kleiner sein als der Fehler jeder einzelnen Beobachtung, da auf M jene oben erwähnten ersten Zahlen ganz besonders einwirken müssen, so daß also diese letztern immer sehr nahe um M herumliegen und die Differenzen derselben von M theils positiv, theils negativ, immer aber verhältnißmäßig nur klein ausfallen werden. Wie aber die Größe dieser Differenzen sowohl, als auch der Fehler der einzelnen Beobachtung und des arithmetischen Mittels M bestimmt werden könne, zeigt die auf Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung gegründete eigenthümliche Rechnung, welche den Namen Methode der kleinsten Quadrate führt, die, da man die absolute Größe der Fehler und daher auch die Wahrheit selbst nicht direct zu bestimmen im Stande ist, wenigstens lehrt, wie man sich der Wahrheit nähern, d. h. wie man zu irgend einer bestimmten Schätzung der Wahrscheinlichkeit, deren sich die einzelnen Beobachtungsresultate und die Größe M erfreuen, gelangen könne. Weil aber hier nicht der Ort sein kann, die

*) Vergl. Baumgartner's Naturlehre. Bd. II. S. 8.

Theorie der Methode der kleinſten Quadrate umſtändlich vorzutragen, indem eine ſolche Darſtellung ſich nur mit Hülfe der höhern Analyſis vollkommen deutlich geben läßt*), ſo wollen wir bloß die ſo große und wichtige Anwendung dieſer Methode auf eine möglichſt inſtructive Weiſe zu zeigen ſuchen, d. h. ihren praktiſchen Theil hervorheben. Die ganze Theorie der kleinſten Quadrate beruht auf dem Satze von der zuſammengeſetzten Wahrſcheinlichkeit. Wenn nämlich φx_1, φx_2, φx_3, ... die Wahrſcheinlichkeiten bezeichnen, daß x_1, x_2, x_3, ... die Fehler der 1., 2., 3., ... Beobachtung ſeien, ſo wird allgemein die (zuſammengeſetzte) Wahrſcheinlichkeit W, daß in der Reihe aller Beobachtungen dann für jede einzelne Beobachtung die Fehler x_1, x_2, x_3, ... zuſammentreffen, dargeſtellt ſein durch den analytiſchen Ausdruck $W = \varphi x_1 . \varphi x_2 . \varphi x_3 . \ldots\ldots$ Dieſe Wahrſcheinlichkeit W wird nun deſto geringer ſein, je größer x_1, x_2, x_3, ... ſind, und umgekehrt, da die kleinern Fehler gewiß öfter vorkommen werden, mithin wahrſcheinlicher ſein müſſen, als die größern. Auch wird W ein Kleinſtes und zwar gleich Null ſein, ſobald die Fehler ſelbſt Maxima ſind, und ſo auch umgekehrt. Und ebenſo werden die Functionen φx_1, φx_2, φx_3, ... für gleiche, jedoch mit entgegengeſetzten Zeichen behaftete Werthe ihrer Fehler auch gleiche Werthe haben müſſen, indem es ja gleich wahrſcheinlich iſt, daß man irgend eine Größe um irgend eine andere gewiſſe Größe entweder zu groß oder zu klein beobachtet haben kann. Alle dieſe Betrachtungen werden bei der Entwickelung der Theorie der kleinſten Quadrate ebenſo benutzt, wie der folgende Satz, von dem dieſe Methode ihren Namen bekommen hat. Wenn durch Beobachtungen irgend einer Art n Gleichungen von der Form

$$\left.\begin{aligned} m_1 + a_1x + b_1y + c_1z + \ldots. &= \varepsilon_1 \\ m_2 + a_2x + b_2y + c_2z + \ldots. &= \varepsilon_2 \\ m_3 + a_3x + b_3y + c_3z + \ldots. &= \varepsilon_3 \end{aligned}\right\} 1)$$

u. ſ. w.

gegeben ſind, aus denen die wahrſcheinlichſten Werthe der v Unbekannten x, y, z ... (jedoch ſtets $v < n$) beſtimmt werden ſollen, ſo müßten, wenn ſämmtliche Beobachtungen ganz vollkommen genau wären, die n Größen ε_1, ε_2, ε_3, ... alle gleich Null ſein. Weil aber dies bei keiner Beobachtung der Fall ſein wird, ſo werden ε_1, ε_2, ε_3 ... offenbar die Fehler der einzelnen Beobachtungen darſtellen und zwar, wenn letztere möglichſt genau ſind, nur kleine Größen ſein. Offenbar muß nun die vortheilhafteſte Beſtimmung der v Unbekannten x, y, z ..... aus jenen n Gleichungen diejenige ſein, für welche die Summe $\Sigma\varepsilon^2$ der Quadrate aller Beobachtungsfehler ε_1, ε_2, ε_3 ... ein Kleinſtes wird, d. h. es muß jeder Zeit die Bedingung

*) Wir verweiſen in dieſer Beziehung auf: Laplace Théorie analyt. de la probabil. Légendre nouvelle méth. pour la déterminat. des orbites des comètes, Par. 1806; Gauss, Theoria motus etc. Lib. II. Sect. III.; v. Lindenau's Zeitſchrift f. Aſtron. Bd. I. S. 193: Comment. Goetting. Vol. I. 1808—1811; Gauss, Theoria combin. observat. error. minimis obnoxiae in den Comment. Goetting. 1821—1823. Vol. I. et II.; Paucker, über die Anwendung d. Meth. d. kleinſt. Quadratſumme, Mitau 1819; Encke, Berl. aſtron. Jahrb. für 1834. S. 249 ff. — Gehler, Phyſ. Wörterb. N. A. Bd. X. 2. Abthlg. S. 1200 f. — Die für den numeriſchen Rechner zur bequemern und zuverläſſigern Ueberſicht dienenden Schemata für den Fall, daß ſehr viele Bedingungsgleichungen numeriſch zu formiren ſind, um aus ihnen die wahrſcheinlichſten Werthe von ſechs unbekannten Größen — wie dies beſonders häufig in der Aſtronomie bei Verbeſſerung der Elemente einer Planeten- oder Kometenbahn vorkommt — durch Rechnung nach Gauß abzuleiten, findet man unter andern (zugleich durch ein Beiſpiel erläutert) in G. A. Jahn's Prakt. Aſtron. (Berl. 1835) Bd. II. S. 11 f.

$$\Sigma\varepsilon^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots . \quad 2)$$

erfüllt ſein. Um dieſen Zweck zu erreichen, ſchreibt die Theorie folgenden Weg vor. Man berechne zuerſt die Werthe von

$$\left.\begin{array}{l}
(am) = a_1 m_1 + a_2 m_2 + a_3 m_3 + \ldots . \\
(bm) = b_1 m_1 + b_2 m_2 + b_3 m_3 + \ldots . \\
(cm) = c_1 m_1 + c_2 m_2 + c_3 m_3 + \ldots . \\
\qquad \text{u. ſ. w.} \\
(aa) = a_1 a_1 + a_2 a_2 + a_3 a_3 + \ldots . \\
(ab) = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 + \ldots . \\
(ac) = a_1 c_1 + a_2 c_2 + a_3 c_3 + \ldots . \\
\qquad \text{u. ſ. w.} \\
(bb) = b_1 b_1 + b_2 b_2 + b_3 b_3 + \ldots . \\
(bc) = b_1 c_1 + b_2 c_2 + b_3 c_3 + \ldots . \\
\qquad \text{u. ſ. w.} \\
(cc) = c_1 c_1 + c_2 c_2 + c_3 c_3 + \ldots . \\
\qquad \text{u. ſ. w.}
\end{array}\right\} 3)$$

o kann man alsdann aus obigen n Gleichungen v Gleichungen von der Form

$$\left.\begin{array}{l}
(am) + (aa)x + (ab)\,y + (ac)\,z + \ldots . = 0 \\
(bm) + (ab)x + (bb)\,y + (bc)\,z + \ldots . = 0 \\
(cm) + (ac)x + (bc)\,y + (cc)\,z + \ldots . = 0 \\
\qquad \text{u. ſ. w.}
\end{array}\right\} 4)$$

rmiren, aus denen ſich endlich die v Unbekannten x, y, z... auf dem gewöhnlichen Wege der algebraiſchen Elimination beſtimmen laſſen. Die Größen x, y, z... eichnen hier die wahrſcheinlichſten Werthe der Unbekannten ſelbſt. ehr häufig pflegt man das Gewicht P dieſer Beſtimmungen anzugeben, wobei s Gewicht der Beobachtungen überhaupt gleich der Einheit geſetzt wird. Man iebt deshalb den Gleichungen 4) nicht den Werth Null, ſondern der Reihe nach e Werthe A_1, A_2, A_3, ... und eliminirt hierauf aus dieſen Gleichungen die rößen x, y, z.... nach bekannten algebraiſchen Methoden; alsdann erhält man umeriſche Ausdrücke von der Form

$$\left.\begin{array}{l}
x = \alpha_1 + \beta_1 A_1 + \gamma_1 A_2 + \delta_1 A_3 + \ldots . \\
y = \alpha_2 + \beta_2 A_1 + \gamma_2 A_2 + \delta_2 A_3 + \ldots . \\
z = \alpha_3 + \beta_3 A_1 + \gamma_3 A_2 + \delta_3 A_3 + \ldots . \\
\qquad \text{u. ſ. w.}
\end{array}\right\} 5),$$

s denen dann offenbar die wahrſcheinlichſten Werthe von

$$\left.\begin{array}{lll}
x = \alpha_1 & \text{mit dem Gewichte} & P_1 = \dfrac{1}{\gamma_{\beta_1}} \\
y = \alpha_2 & " \quad " \quad " & P_2 = \dfrac{1}{\gamma_{\gamma_2}} \\
z = \alpha_3 & " \quad " \quad " & P_3 = \dfrac{1}{\gamma_{\delta_3}}
\end{array}\right\} 6)$$

u. ſ. w.

lgen. Ferner giebt man die wahrſcheinlichen Fehler F_1, F_2, F_3, ... , welche man bei der Beſtimmung der wahrſcheinlichen Werthe von x, y, z.... pective begangen haben kann, d. h. diejenigen Fehler, von welchen es gleich

wahrſcheinlich iſt, daß man ſie begangen oder daß man ſie auch nicht begangen habe. Es iſt nämlich:

$$\left.\begin{array}{lll} \text{für } x \ldots\ldots & F_1 = \pm \dfrac{0{,}4769363}{\sqrt{P_1}} \\ \text{für } y \ldots\ldots & F_2 = \pm \dfrac{0{,}4769363}{\sqrt{P_2}} \\ \text{für } z \ldots\ldots & F_3 = \pm \dfrac{0{,}4769363}{\sqrt{P_3}} \\ \text{u. ſ. w.} \end{array}\right\} 7)$$

Die Grenzen ΔF_1, ΔF_2, ΔF_3 ..... aber, zwiſchen welche die wahren wirklich ſtattfindenden Werthe von F_1, F_2, F_3, ... reſpective fallen werden, ſind

$$\left.\begin{array}{l} \Delta F_1 = F_1 \left(1 \pm \dfrac{0{,}4769363}{\sqrt{n}}\right) \\ \Delta F_2 = F_2 \left(1 \pm \dfrac{0{,}4769363}{\sqrt{n}}\right) \\ \Delta F_3 = F_3 \left(1 \pm \dfrac{0{,}4769363}{\sqrt{n}}\right) \\ \text{u. ſ. w.} \end{array}\right\} 8)$$

Endlich werden, wie die Theorie nachweiſt, die zu befürchtenden **mittlern Fehler** Φ_1, Φ_2, Φ_3, ..., die bei der Beſtimmung der wahrſcheinlichſten Werthe von x, y, z.... reſp. gemacht worden ſein mögen, durch die Ausdrücke

$$\left.\begin{array}{l} \Phi_1 = \pm \dfrac{1}{2\sqrt{\pi P_1}} = \pm \dfrac{0{,}282095}{\sqrt{P_1}} \\ \Phi_2 = \pm \dfrac{1}{2\sqrt{\pi P_2}} = \pm \dfrac{0{,}282095}{\sqrt{P_2}} \\ \Phi_3 = \pm \dfrac{1}{2\sqrt{\pi P_3}} = \pm \dfrac{0{,}282095}{\sqrt{P_3}} \end{array}\right\} 9) \quad (\pi = 3{,}14159\ldots.)$$

dargeſtellt. Es ergeben ſich übrigens aus der Vergleichung von 9) mit 7) die numeriſchen Gleichungen:

$$\left.\begin{array}{lll} \Phi_1 = 0{,}59147\, F_1 & \text{und} & F_1 = 1{,}69069\, \Phi_1 \\ \Phi_2 = 0{,}59147\, F_2 & = & F_2 = 1{,}69069\, \Phi_2 \\ \Phi_3 = 0{,}59147\, F_3 & = & F_3 = 1{,}69069\, \Phi_3 \\ \text{u. ſ. w.} \end{array}\right\} 10)$$

Es iſt nur noch übrig, den in der Phyſik am häufigſten vorkommenden Fall, nämlich den, wo durch n wiederholte Beobachtungen eine einzige Größe, z. B. die Ausdehnung eines gegebenen Körpers durch die Wärme, beſtimmt werden ſoll, etwas näher zu betrachten. Sind nämlich x_1, x_2, x_3 ..... die durch die einzelnen, ſämmtlich gleichen Werth beſitzenden, Beobachtungen unmittelbar erhaltenen Größen, **ſo iſt der wahrſcheinlichſte Werth X aller dieſer Größen gleich ihrem arithmetiſchen Mittel M**, d. h. alſo:

$$M = X = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + x_3 + \ldots..)$$

$$\text{oder kürzer } X = \frac{1}{n}\Sigma x \quad 11)$$

Bezeichnen ε_1, ε_2, ε_3..... respective die Unterschiede $X-x_1$, $X-x_2$, $X-x_3$,.... zwischen dem wahrscheinlichsten Werthe X und den unmittelbaren Resultaten x_1, x_2, x_3.... der 1., 2., 3., ... Beobachtung, und setzt man

$$\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + ... = \Sigma\varepsilon^2,$$

so hat man die Größe $P = \frac{n^2}{2.\Sigma\varepsilon^2}$ als Gewicht der Bestimmung von X, wobei ε_1, ε_2, ε_3,..... als die Fehler der einzelnen Beobachtungen angesehen werden können und der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Beobachtung durch eine der Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} f &= 0{,}4769363\sqrt{\tfrac{n}{P}} \\ f &= F.\sqrt{n} \end{aligned}\right\} \quad 12)$$

bestimmt wird und zwar, wegen des Wurzelzeichens, stets mit dem doppelten Zeichen $\pm$. Aber die Grenzen Δ des wirklich stattfindenden Fehlers jeder einzelnen Beobachtung sind der Wahrscheinlichkeitsrechnung zufolge:

$$\left.\Delta f = f\left(1 \pm \frac{0{,}4769363}{\sqrt{n}}\right) \text{ oder} = F\,(0{,}4769363 \pm \sqrt{n})\right\} \quad 13);$$

d. h. man kann 1 gegen 1 wetten, daß der wahre Werth f zwischen die beiden Werthe von Δf fallen muß. — Will man jedoch ganz allgemein die Wahrscheinlichkeit w wissen, daß eine der bestimmten Größen — gewöhnlich der mittlere Fehler Φ des wahrscheinlichsten Resultates X — zwischen zwei andere willkürliche Grenzen $\Phi = \pm \frac{r}{\sqrt{P}}$ falle, wo r irgend eine beliebige Größe bedeutet, so kann man dies am bequemsten mittelst der folgenden, für diesen Zweck besonders berechneten, Tafel bewerkstelligen:

r	w	$\frac{w}{1-w}$
0,0	0,0000	0,0000
0,2	0,2227	0,2865
0,4	0,4284	0,7495
0,6	0,6039	1,524
0,8	0,7421	2,877
1,0	0,8427	5,357
1,2	0,9103	10,15
1,4	0,9523	19,96
1,6	0,9763	41,28
1,8	0,9891	90,65
2,0	0,9953	212,77
2,2	0,9981	536,63
2,4	0,9993	1456,7
2,6	0,9998	4309,3
2,8	0,9999	13888
3,0	0,999982	55555
3,2	0,999998	499999

Diese Tafel ist so zu verstehen. Daß der Fehler Φ z. B. zwischen den Grenzen $\pm \frac{0{,}2}{\sqrt{P}}$ oder $\pm \frac{3}{\sqrt{P}}$ liege, dafür ist die Wahrscheinlichkeit respectiv 0,2227 oder 0,999982 und dafür kann man gegen die Einheit resp. 0,286 oder 55555 wetten. —

Es dürfte angemessen erscheinen, die im Vorstehenden ganz allgemein gegebene Anleitung durch ein numerisch ausgeführtes Beispiel noch deutlicher zu machen. Es seien aus 10 angestellten, gleich guten Beobachtungen die Resultate:

$x_1 = 35{,}2$	$x_4 = 35{,}0$	$x_7 = 35{,}4$	$x_{10} = 35{,}2$
$x_2 = 34{,}6$	$x_5 = 34{,}2$	$x_8 = 34{,}8$	
$x_3 = 35{,}4$	$x_6 = 34{,}7$	$x_9 = 35{,}6$	

gefunden worden. Man erhält erstlich nach 11)

$$M = X = \frac{1}{10} \times 3501 = 35{,}01;$$

zweitens

$\varepsilon_1 = -0{,}19$	und	ε_1^2	$= 0{,}0361$
$\varepsilon_2 = +0{,}41$		ε_2^2	$= 0{,}1861$
$\varepsilon_3 = -0{,}39$		ε_3^2	$= 0{,}1521$
$\varepsilon_4 = +0{,}01$		ε_4^2	$= 0{,}0001$
$\varepsilon_5 = +0{,}81$		ε_5^2	$= 0{,}6561$
$\varepsilon_6 = +0{,}31$		ε_6^2	$= 0{,}0961$
$\varepsilon_7 = -0{,}39$		ε_7^2	$= 0{,}1521$
$\varepsilon_8 = +0{,}21$		ε_8^2	$= 0{,}0441$
$\varepsilon_9 = -0{,}59$		ε_9^2	$= 0{,}3481$
$\varepsilon_{10} = -0{,}19$		ε_{10}^2	$= 0{,}0361$
		$\Sigma\varepsilon^2$	$= 1{,}7070;$

$$\text{ferner } P = \frac{100}{2 \times 1{,}7070} = 29{,}291,$$

$$\text{also } \sqrt{P} = 5{,}4121 \text{ und } \frac{1}{\sqrt{P}} = 0{,}1848;$$

alsdann nach 7) $F = \pm 0{,}0881$,
nach 12) $f = \pm 0{,}2787$,
und nach 9) $\Phi = \pm 0{,}0521$;

endlich nach 13)

$$\Delta f = 0{,}2787 \pm 0{,}0420 = \begin{cases} 0{,}3207 \\ 0{,}2367. \end{cases}$$

Man kann also behaupten, daß jede der angestellten 10 Beobachtungen den wahrscheinlichen Fehler $f = \pm 0{,}28$ unterworfen ist und daß dieser Fehler weder nicht größer als 0,32 und nicht kleiner als 0,24 sein dürfte. Endlich erhält man mit Hülfe obiger Tafel, z. B. für $r = 2$ und also für den Werth $\Delta\Phi = \pm 0{,}3696$, die Wahrscheinlichkeit 0,9953, daß $\Phi = \pm 0{,}0521$ zwischen beiden Grenzen $\pm 0{,}3696$ falle und daß man also 212,77 gegen 0,9953 oder sehr nahe 213 gegen 1 wetten kann: dieser Fall werde wirklich stattfinden.

Wenn die einzelnen Bedingungsgleichungen nicht gleiche Werthe, wie bisher vorausgesetzt worden, sondern ungleiche Werthe haben, also z. B.

$$a_1 x + b_1 = \varepsilon_1 \text{ mit dem Werthe } c_1$$
$$a_2 x + b_2 = \varepsilon_2 \text{ " " " } c_2$$
$$a_3 x + b_3 = \varepsilon_3 \text{ " " " } c_3$$
u. s. w.

so kann man dieselben ebenso wie oben behandeln, sobald man nur erst jede der gegebenen Bedingungsgleichungen durch ihren resp. Werth c_1, c_2, c_3, ... multiplicirt hat. Indessen ist es wohl selten möglich, die Werthe der einzelnen Beobachtungen unter einander anzugeben. Doch trifft es sich oft, daß man sehr viele Beobachtungen derselben Art in zwei, drei, vier ꝛc. Gruppen theilen kann, jede Gruppe z. B. aus der Summe von 8 aufeinander folgenden Beobachtungen bestehend.

Der ersten, zweiten, dritten ꝛc. Gruppe läßt sich dann resp. der Werth 8, 16, 24 ꝛc. geben, freilich unter der Voraussetzung, daß die ersten ursprünglichen Beobachtungen, wie doch in der Regel angenommen werden muß, im Allgemeinen sämmtlich gleiche Werthe haben. Uebrigens gewähren diese Gruppirungen, wie man leicht einsehen wird, große Vereinfachung der ganzen Rechnung, indem durch sie die Anzahl der zu Grunde liegenden, zu behandelnden Bedingungsgleichungen beträchtlich vermindert und so die Rechnung selbst sehr bequem gemacht wird. — Endlich versteht sich wohl ganz von selbst, daß der Fall, wo man eine Größe, deren Werth schon fast bekannt oder für welche bereits eine genäherte Formel vorhanden ist, durch eine Anzahl von Beobachtungen noch genauer bestimmen will, auf eine ähnliche Art zu behandeln ist, wie weiter oben das Auffinden des wahrscheinlichsten Werthes einer Unbekannten gelehrt wurde. J.

Berg pflegt man jede bedeutendere Erhöhung der Erdoberfläche zu nennen, insofern sie von einem niedrigeren Standpunkte aus gesehen werden kann; minder bedeutende Erhebungen nennt man Hügel und noch geringere Anhöhen oder Höhen, und die diese mehr oder weniger bedeutenden Erhöhungen trennenden Vertiefungen werden mit dem Ausdruck Thäler bezeichnet. Ueberhaupt wird in der Regel jede bedeutende Hervorragung, von welcher man weiß, daß sie über das Niveau der Meeresfläche sich erhebt, selbst wenn man sie nicht von einem niederen Standpunkte aus beobachten kann, im Gegensatz der Tiefe, Berg genannt. Diese beiden verschiedenen Gesichtspunkte haben in der geographischen Beschreibung der Erdoberfläche oft große Verwirrungen hervorgebracht; man hat auf der einen Seite vor Verwechselungen sich zu hüten, nämlich der relativen Höhe eines Berges, als des Verhältnisses der Höhen und Tiefen zu ihren Umgebungen, mit der absoluten Erhebung über den Spiegel des Meeres, und auf der andern Seite muß man beiden Verhältnissen gleich sorgfältige Berücksichtigung zukommen lassen, wenn man ein klares Bild von der Plastik der Erdoberfläche entwerfen will. Die Erhebungen oder Vertiefungen, sie mögen als Berge, Hügel, Thäler oder Ebenen dem Auge sich darbieten, lassen sich alle nach demselben absoluten Maßstabe der Meereshöhe vergleichen. „Denn unter der Voraussetzung eines über das ganze Erdsphäroid gleichweit vom Mittelpunkte abstehenden und gleichartig verbreiteten Meeresspiegels nehmen wir diesen als den allgemeinen Wasserhorizont an. Er giebt uns den natürlichen Eintheilungsgrund, den Nullpunkt der Scala, auf- und abwärts, zur Messung und Vergleichung der Hervorragungen und Einsenkungen der Erdrinde. Hieraus ergiebt sich dies erste Gesetz der Anordnung aller

Erhöhungen und Vertiefungen als Ebenheiten und Unebenheiten, in Beziehung auf das Erdganze; zugleich aber auch das zweite Gesetz der relativen Anordnung des Besondern in Beziehung auf die einzelnen Erdtheile, oder die Erdindividuen nach ihrem Stamm und ihren Gliedern." Nachdem wir hier bei der Begriffsbestimmung von Berg den Worten unseres großen Geographen Carl Ritter*) gefolgt sind, wollen wir ebenfalls den Begriff des Gebirges mit ihm definiren: als die Summe nach einer gewissen Ordnung und nach gewissen Gesetzen und mit bestimmter Begrenzung zusammengruppirter Berge; das Gebirge muß also gewissermaßen ein Ganzes sein, dessen einzelne Theile, die Berge, sich zu demselben ebenso verhalten, wie ein Glied zum gemeinsamen Stamme.

Die Ansichten über die Vertheilung der Gebirge über die Erdoberfläche, wie sie vor Humboldt und Ritter die herrschenden waren, sind in jetziger Zeit durch umfassendere, auf einen wissenschaftlichen Grund gebaute Anschauungen fast allgemein verdrängt worden, welches namentlich der großen Verbreitung und den schnellen Fortschritten unserer geognostischen Kenntnisse von der Erdrinde zugeschrieben werden muß. Die Alten, namentlich Plinius, wie bis in die neuere Zeit Buache, Desmarest, Scheuchzer, Buffon und viele Andere, waren der Meinung, daß die Berge über die ganze Erdoberfläche mit einander in einem ununterbrochenen Zusammenhange ständen, daß nämlich die Gebirge durch alle Meere sich fortsetzten über die Inseln und Untiefen hinweg, welche als die Gipfel der unterseeischen Gebirgszüge (Chaines de Montagnes marines nach Buache, oder Seegebirge nach Otto) angesehen werden müßten. Man verglich ferner die Erde mit einem der höheren organischen Wesen (aber in ganz anderer Weise, als man mit Ritter die Erde wirklich in die Reihe der organisirten Körper stellen kann) und betrachtete dann die mit einander in Verbindung stehenden Gebirgszüge als das Gerippe des großen Erd-Individuums, woher die Ausdrücke Gezimmer der Erde (Buache) oder Knochengerüste der Erde (Desmarest) ihren Ursprung haben, welche lange Zeit hindurch in allen geographischen Hand- und Lehrbüchern sehr verbreitet vorkamen. Buache trug besonders zur weiteren Verbreitung und Ausbildung der angedeuteten Ansichten bei; er stellte die Behauptung auf, daß alle Gebirge des Festlandes von einigen Punkten der Erdoberfläche strahlenförmig auslaufen und daß die Strahlen eines jeden Hauptvereinigungspunktes an ihren Enden zusammentreffen. Diese Centra für die Vertheilung der Gebirge betrachtete er als die höchsten Punkte der Erdoberfläche, von welchen die Quellen der größten Flüsse herabfließen, aus einer Menge von innig verwachsenen Bergen gebildet, und er zuerst gab ihnen den Namen Plateau **). Die Strahlen dieser Gebirgsganzen setzten sich nach Buache unter der Oberfläche der großen Oceane fort, um hier mit den Strahlen, welche von dem Gebirgscentrum eines andern Erdtheiles ausliefen, sich zu verbinden. Die Eintheilung des Oceans durch diese Seegebirge in Bassins oder große Erdbecken hat keinen hinreichenden Grund in der Natur, sondern ist bloß eine interessante Ansicht derselben von einem hypothetischen Standpunkte aus. Ebenso sind die Systeme von Gebirgsnetzen, Gebirgsäquatoren, Meridianen, Parallelen ꝛc. (Buffon, Gatte-

*) Carl Ritter, Erdkunde, Theil I. Africa, S. 64 ff.
**) Vgl. Fr. Hoffmann, Physical. Geogr. S. 140 ff.

rer, Otto u. A.) meiſtens nur in die Natur hineingezwängte, nicht aus ihr her-vorgetretene Anſichten *).

Man hat auch in früherer Zeit verſucht, die Waſſerſcheiden als ein Haupt-moment zur Eintheilung der Erdoberfläche zu betrachten; dieſe Eintheilung giebt unſtreitig zu intereſſanten Betrachtungen Anlaß, jedoch iſt dieſelbe, nach Ritter, obgleich ſie alle Länder der Erde mit einem unabänderlichen Netze von Waſſer-ſcheiden wirklich überzieht, durchaus keine ſolche, welche das Weſen der Geſtaltung er Erdganzen darzuſtellen vermöchte. Dieſes Weſen beſteht im Hervortreten ihrer Geſammtmaſſen, und die hervortretende urſprüngliche Geſtalt des Erdindividuums mußte vorhanden ſein, ehe das Geſetz der Waſſerſpülung die Oberfläche modelliren onnte, und dieſe Spülung konnte die der Meere, meiſt eine vorhergehende, wie ie der ſtrömenden Waſſer, meiſt eine nachfolgende, ſein, alſo doppelartig; ſo aß das gegenwärtige Netz der Waſſerſcheiden nur eine tertiäre jüngſte Modifica-ion der Erdoberflächen darſtellt, welche oft von der primären ſehr abweichend ſein mn, und dennoch von ſehr wichtigem Studium bleiben wird, ohne jedoch die rundlage aller Eintheilung der Geſtaltung der großen Erdindividuen abgeben zu innen. Sehr viele Verwechſelungen und Irrthümer in der Darſtellung der ographiſchen und hydrographiſchen Verhältniſſe der Erdoberfläche waren Folge r Annahme, daß dieſe Waſſerſcheide immer mit dem Gebirge zuſammenfalle und it ihm Eins ſei, ferner, daß da, wo eine Waſſerſcheide ſich vorfindet, auch ein ebirge ſein müſſe. Manchmal bildet ein Gebirge gar keine Hauptwaſſerſcheide, e dies z. B. bei dem Harze der Fall iſt, welcher inſelartig in einem weiten Flach-nde ſich erhebt; ferner iſt oft die Richtung eines Gebirges, wenn eine wirkliche aſſerſcheide mit demſelben in Verbindung tritt, ſehr verſchieden von der Rich-ng der letztern (Pyrenäen, Alpen ꝛc.), oder die Waſſerſcheide zieht ſich auf der ene neben einer hohen Gebirgskette hin, wie man im Süden der Karpathen bei r Waſſerſcheide bemerkt, welche die Gewäſſer des Baltiſchen und Schwarzen Mee-r von einander trennt; und oftmals treten Waſſerſcheiden auf in großen Ebenen, n von hohen Gebirgszügen, welche Erſcheinungen die Gebiete der meiſten Ge-ſſer des nördlichen America's, des nördlichen und öſtlichen Sibiriens und anderer genden der Erdoberfläche darbieten, wo die Phantaſie der Geographen und Kar-zeichner, in der Vorausſetzung des Zuſammenfallens der Waſſerſcheiden mit Ge-gszügen, oft mächtige und ausgedehnte Erhebungen hingezaubert hat, die aber der Natur keineswegs ſich vorfinden.

Wie alſo die Annahme des Zuſammenfallens von Waſſerſcheide und Gebirge mancherlei Irrthümern Anlaß gegeben hat, ſo war daſſelbe der Fall mit dem gmänniſchen Ausdrucke von Erzgebirge, welcher ſtets auf eine Gegend An-dung findet, wo Bergbau getrieben wird, gleichviel ob dort eine Ebene iſt, r Hügel und hohe Berge vorhanden ſind; man bemerkt auf Karten oft mächtige birgszüge, wie am Altai'ſchen Erzgebirge, in Süd-America ꝛc., welche nur dem verſtändniſſe des Ausdrucks Erzgebirge ihren Urſprung verdanken und in der at gar nicht oder nur als eine unzuſammenhängende Hügelreihe in der Natur vorfinden. Nicht ſelten iſt auch ſchon der gewöhnliche Sprachgebrauch, kleine höhen und Hügel, namentlich in flachen Ländern, Berge zu nennen, den Karten-bnern Grund genug geweſen, flache Länder mit wahren Alpenketten zu verſehen,

*) Carl Ritter a. a. O.

und ganz besonders hat die Ansicht, daß alle hohen Gebirgsketten, wenigstens die eines jeden Erdtheils, durch eine ununterbrochene Hügelreihe mit einander in Verbindung ständen, das wahre Verhältniß der Erhebungen und Vertiefungen auf der Erdoberfläche vielfach modificirt und entstellt.

Ein wichtiges Moment für die richtige Auffassung der Gebirgsverhältnisse der Erde hat in neuerer Zeit die Geognosie gewährt; sie lehrt uns die Zusammensetzung, innere Beschaffenheit und Structur der Gebirge erkennen, sie zeigt ferner durch gründliche Erforschung der einzelnen Hebungssysteme verschiedenen Alters, in welchem naturgemäßen Verhältnisse die Gebirge ihrer Entstehung wie ihrer Structur nach zu einander stehen, und wo nahe an einander grenzende Gebirgszüge zu trennen sind; durch die Entwicklung der geognostischen Kenntnisse sind auch der Geographie viele Irrthümer hinsichtlich des vermutheten Zusammenhanges der einzelnen Gebirgszüge gänzlich entfernt, ja durch dieselbe gewissermaßen die gegenwärtige wissenschaftliche Anschauungsweise der orographischen Verhältnisse der Erdoberfläche erst begründet, wenigstens in hohem Grade befestigt und ausgebildet worden. So hat man z. B. früher allgemein die Gebirge von Corsica und Sardinien als die Fortsetzung der Genuesischen betrachtet. Daß aber das granitische Cap Corte auf Corsica eine Fortsetzung des Genuesischen, weit vorspringenden, aber aus schwarzem Uebergangskalkstein gebildeten Cap delle Malle sei, klingt, nach einer Bemerkung von L. v. Buch, ebenso sonderbar, als wenn das Gebirge der Vogesen eine Fortsetzung der Jurakette sein sollte, was doch ebenfalls in geographischen Handbüchern oftmals behauptet wurde. Wir werden weiter unten auf die innere Beschaffenheit der Gebirge, ihre Zusammensetzung und Entstehung zurückkommen und darüber ausführlich zu sprechen Gelegenheit haben. Hier wenden wir uns zunächst zu einer kurzen Erklärung der Benennungen der einzelnen Theile der Gebirge und folgen hierin den von C. Ritter (in Bezug auf Africa und Asien) und Fr. Hoffmann in den bereits angeführten Werken gegebenen Mittheilungen, sowie ebenfalls die folgenden Werke von Berghaus uns als Quelle gedient haben, nämlich dessen „Allgemeine Länder- und Völkerkunde," Bd. II. 1837 und „Grundriß der Geographie," 1844.

I. Aeußere Gebirgsbeschreibung.

A. Erklärung der für einzelne Theile der Gebirge gebräuchlichen Benennungen.

Die Hochländer der Erde sind diejenigen Gebirgsganzen oder massenförmigen, zusammenhängenden und nach allen Richtungen hin weit sich ausdehnenden Erhebungen, die von keinem Stromthale ganz durchschnitten werden und gewöhnlich stufen- oder terrassenförmig (Stufenländer, Terrassen) sich über das angrenzende Flachland erheben; die Hochländer erscheinen gewöhnlich als ausgedehnte Ebenen (Hochebenen, Plateaux), über welche zuweilen wiederum andere Gebirgszüge emporragen oder dieselben umgrenzen. Als Hauptgebirgsketten der Erde bezeichnet man diejenigen Gebirgszüge, welche bei einer verhältnißmäßig geringen Breite durch eine bedeutende Längenausdehnung und beträchtliche Höhe sich auszeichnen; sie verbreiten sich gleichsam wie Erdgürtel über die Oberfläche der Erde oder erscheinen als Ränder von Hochländern; für sich allein betrachtet bilden sie Gebirgsländer, ein Alpengebirgsland. Wo eine Meng

von Bergen mehr der Breite als der Länge nach zu einem Ganzen sich zusammengruppirt hat, pflegt man dieses Ganze ein Massengebirge zu nennen, das als solches zuweilen auch Hochebenen einschließen kann, über welche die einzelnen Berggipfel emporragen. C. Ritter hat gewisse Zahlenverhältnisse zur Unterscheidung der höheren und niederen Gebirge festgestellt und nennt alle Gesammterhebungen über 4000 Fuß Meereshöhe Hochländer oder Plattformen der größten oder ersten Art, alle darunter aber der zweiten Art und die Uebergänge zwischen beiden vermittelnde höhere oder niedere Stufen und Terrassen. Einzelne Erhebungen von 1000 bis 2000 Fuß nennt er Hügel, Höhen; von da bis an etwa 4000 Fuß niedrige Berge und niedrige Gebirge. Die Gebirge der zweiten Classe, oder die mittelhohen, reichen bis 6000 Fuß, über diesen stehen die Alpengebirge, und über 10,000 Fuß Höhe die Riesengebirge der Erde.

Nach der Längenausdehnung kann man die Gebirgszüge in 4 Classen bringen, von denen die erste die Gebirge umfaßt, deren Länge mehr als 1000 d. M. Länge beträgt; in die zweite Classe gehören die Gebirge von 500 bis 1000 d. M., in die dritte die von 200 bis 500, in die vierte die von weniger als 200 deutsche Meil. Länge. Zur leichteren Uebersicht dieser Verhältnisse theilen wir hier eine von Berghaus entlehnte Tabelle mit, welche außer der Länge auch die Streichungslinie der Gebirge angiebt.

Namen der Gebirge	Streichungslinie	Länge in d. Meil.	Bestandtheile der Systeme
1. Classe.			
Himalaya	OSO nach WNW.	1200	Die südchinesischen Gebirgsketten Nauling, Süeschan, der eigentliche Himalaya (370 M. lang u. 45 M. breit), der Hindu Kusch, Paropamisus, Kohul Bürs, Talisch Gebirge, Nordrand von Armenien u. Kleinasien bis zum Ida am Hellespont.
Cordilleras de los Andes	S. — N.	1000	Die Andeskette von Südamerica, von der Südspitze bis zum Isthmus von Panama; mit den Cordilleren von Nordamerica u. der Bergkette auf dem Isthmus zwischen Panama und Tehuantepec 1900 d. Meilen lang.
2. Classe.			
Altai.	ONO. — WSW.	850	Nordrand von Hinterasien, von der Behrings-Straße bis über den Dzaisang-See hinaus, also mit Einschluß des Aldanischen Gebirges.

Namen der Gebirge	Streichungslinie	Länge in d. Meil.	Bestandtheile der Systeme
Andeskette v. Nordamerica	SSO. — NNW.	800	Von der Erdenge von Tehuantepec bis zum nördlichen Eismeere, das Plateau von Mexico, die Rocky-Mountains.
Thian Schan od. Himmelsgebirge . . .	W. — O.	650	Mit seiner östlichen Verlängerung über den In schan bis zum Schan yau alin.
Taurus	OSO. — WNW.	540	Dieses System beginnt am Indus-Delta und bildet den Südrand von Iran, Kurdistan, Armenien und Anadoli.
3. Classe.			
Küen lün oder Kulkun .	W. — O.	460	Mit Ausschluß des Pe ling bis an den äußersten Ostrand des chinesischen Alpenlandes.
Alleghanies	SW. — NO.	350	
Ostghats v. Vorderindien	SW. — NO.	300	
Ural	S. — N.	250	
Skandinavisches Gebirge	SSW. — NNO.	240	
Westghats v. Vorderindien	S. — N.	220	
Karpathischer Gebirgsflügel von West-Europa	OSO. — WNW.	220	Die Karpathen u. das hercynische Bergsystem, welches im O. mit den Sudeten beginnt u. im W. mit dem Teutoburger Walde aufhört.
4. Classe.			
Brasilisches Gebirge . .	SW. — NO.	160	
Alpen	WSW. — ONO.	150	
Balkan oder Hämus .	WNW. — OSO.	150	
Kaukasus	WNW. — OSO.	150	
Syrisch-Peträisches Geb.	N. — S.	150	Vom Taurus über den Libanon und das West-Jordan-Land bis zur Südspitze der Sinai-Halbinsel.
Westflügel des westeuropäischen Berggürtels .	SSW. — NNO.	140	Hochfrankreich, die Vogesen und das niederrheinische Gebirge.
Apenninen	NW. — SO.	140	
Sierra von Parime .	W. — O.	140	
Küstenkette v. Venezuela	W. — O.	120	
Atlas	SW. — NO.	120	
Pyrenäen	OSO. — WNW.	55	

Wir haben bereits die dreierlei Hauptformen der Erdräume (Tiefland, Hochland; Stufenland oder Vermittelung jener beiden) angedeutet und den Ausdruck Hochländer als den allgemeinsten Begriff einer Gebirgserhebung bezeichnet, während Gebirgs- oder Plateau- (Tafel-) Länder nur als Gattungen von jenen zu betrachten sind, nach den in ihnen vorherrschenden Formen der Gestaltung. Indem wir schon im Allgemeinen die Definition dieser Ausdrücke aus Ritter's Erdkunde entlehnten, wollen wir hier noch, ebenfalls nach Ritter*), einige Erscheinungen anführen, wie wir sie theils in Gebirgsländern, theils in Plateau- oder Tafel-Ländern auftreten sehen. Wenn wir unter den letzteren Gesammterhebungen geschlossener Erdmassen verstehen, so sind jene, die Gebirgsländer, gerade durch den Gegensatz charakterisirt, weil in ihnen Gruppirungen von Gebirgszügen, Ketten ꝛc. liegen, die zwar dicht zusammengrenzen, aber nicht als Continuitäten, welche den Charakter jener Tafelländer ausmachen, sondern eben durch Tiefthäler und Thalspalten nach allen Richtungen hin durchschnitten und von einander geschieden sind, wie z. B. alle Alpenlandschaften der Erde. Ihr Fuß hat wohl auch eine höhere Gesammterhebung, aber der geringe relative Werth dieser gemeinsamen Basis ist es eben, vor gegen die bedeutende Gipfelerhebung verschwindet. Die bedeutende Gesammterhebung großer Erdräume, sei sie nun relativ oder absolut bedeutend vor ihren Umgebungen, charakterisirt eben durch ihre Continuität die Plateaulandschaften; aber die bedeutende Particularerhebung isolirter Gipfelmassen oder Kettenzüge, Joche, deren Einstürze stets den Emporrichtungen correspondiren, charakterisirt eben die Gebirgslandschaften, seien es niedere, mittlere oder höhere. In ihnen bedingen die Contraste von Tiefland und Hochland, in am kleinsten horizontalen Räumen vereinigt, auch innere, wie äußere, nicht nur doppelte, sondern auf das vielfachste gesteigerte Naturfälle in allen Erscheinungen vor gegen den Himmel aufgeschlossenen Oberflächen. Diese Naturfälle aber fehlen den jenen Plateauländern, als solchen, weil sie auf ihren nicht durch Thalspalten, sondern höchstens nur etwa durch flächere Einsenkungen diversificirten Höhen, weit mehr Einförmigkeiten, Einerleiheiten darbieten, als Mannigfaltigkeiten. Aus diesem Grunde erscheinen sie auch gleichartiger in Allem, demnach ebenfalls in ihren Functionen für Naturerzeugnisse wie für Völkerentwicklungen, und darum sind sie auch die Gegensätze von jenen, in jeder Beziehung. Gesammterhebungen bilden in verticaler Hinsicht den sich von dem Tieflande ablösenden verticalen Stamm, vermöge der Continuität, wie die Continente in horizontaler Hinsicht; die Particularerhebungen aber bilden die verticalen Gliederungen dieser Stämme, sind ihnen aufgesetzt (Plateaugebirge oder aufgesetzte Gebirge) oder ihre Abfälle umgebend, Rand-Gebirge, und wo sie für sich, ohne Verbindungen mit Gesammterhebungen, aus den Tiefländern der Erde hervorragen, bilden sie, analog den oceanischen oder Gestade-Inseln, für sich bestehende Insel-Gebirge; diese können theils in den fernen Tiefländern, ja selbst in den Meeren zufällig zerstreut stehen, oder in einer bestimmteren Beziehung zu den Gesammterhebungen und auf dem Festlande, als deren Trabanten, Umwallungen, Vormassen, Vor-Alpen, Vorgebirgsländer geordnet sein, selbst theilweise noch zusammenhängend mit ihnen, als Gebirgsarme, strahlig

*) Erdkunde, Theil II. Asien, Bd. I. S. 32 ff.

auslaufende Gebirgszweige u. s. w. in den mannigfaltigsten Stellungen erscheinen.

Aber diese Formen, fährt Ritter fort, sind nirgends in der Physik rein mathematisch genau ausgeprägt, sondern stets nur in mehr oder weniger vorwaltenden Verhältnissen in den mannigfaltigsten Combinationen, Uebergängen, Gruppirungen zu verfolgen, so daß nur aus vergleichender Betrachtung mit andern Arten verticaler Gliederungen der Planetenrinde der wahre locale Charakter jeder besonderen Erdstelle hervorgeht. Doch läßt sich im Voraus schon im Allgemeinen mit Sicherheit feststellen, daß auch hier aus den Combinationen und Gruppirungen dieser eigenthümlichen Gestaltungen in gegenseitiger Beziehung, wie nach ihrer Vertheilung durch die horizontalen Stämme und horizontalen Gliederungen der Erdräume, deren Natur im Besondern wie im Allgemeinen d. i. bei Ländern und ganzen Continenten, bedingt sein wird und daß deren physische Charakteristik eben in diesem Verhältnisse besteht. Die verticale Dimension der Räume, die physikalische, giebt erst Aufschluß über die plastische Gestaltung und senkrechte Gliederung, durch welche die Anschauung des Erdtheils zu einer wahrhaft belebten wird, weil von ihr die Vertheilung klimatischer Zonen und der lebendigen Organismen abhängig ist. Wir wollen in der folgenden Tabelle eine von Berghaus zusammengestellte Uebersicht der horizontalen Verbreitung von Hoch- und Tiefland mittheilen, wobei zu bemerken ist, daß die angegebenen Zahlen (welche deutsche Quadratmeilen bezeichnen) nur als ungefähre Schätzungen anzusehen sind. Mit Berücksichtigung der Abplattung der Erde hat Denzler folgende Werthe für den Flächeninhalt der Continente gefunden: Europa (bis zum Ural und Kaukasus) 169,935; Australien 134,120; Africa 524,000; America 665,830 (Nord-America 356,000, Süd-America 309,830); Asien 746,036. Summe der Continente in runder Zahl = 2,240,000 deutsche Quadratmeilen.

Hoch- und Gebirgsländer		Tiefländer	
Europa.			
Castilisches Hochland . .	10,000	Sarmatische Ebene . . .	100,000
Skandinavisches Gebirge .	9,500	Germanische Ebene . . .	7,400
Gebirgssyst. d. griech. Halbinsel	6,300	Oceanisch. Küstenterr. von Frankreich	2,100
Osthälfte des westeuropäischen Berggürtels	4,600	Ungarische Ebenen . . .	1,800
Westhälfte desselben . . .	4,600	Tiefland der Wallachei . .	1,400
Das Alpenland	4,500	Küsten d. mittelländ. Halbinseln	700
Plateau von Deutschland .	3,800	Lombardische Ebene . . .	600
Bergzug d. Apenninen-Halbinsel	2,800		114,000
	46,00		

Hoch- und Gebirgsländer		Tiefländer	
Asien.			
Hinterasien	266,400	Sibirien	186,300
Vorderasien	73,600	Turan	53,700
Plateau von Dekan . . .	50,000	Hindustan	20,800
Plateau von Arabien . .	48,000	Chinesisches Tiefland . . .	10,000
Ostsibirischer Höhenzug . .	37,000	Syrisch-Arabische Wüste . .	8,700
Gebirgsland v. Hinterindien	33,000	Mesopotamien	5,000
Ural	14,000		281,500
Plateau von Syrien ꝛc. . .	3,500		
	525,500		
Africa.			
Hochafrica, das Plateau mit seinen Rand- u. nordöstl. Gebirgen	300,000	Sahara	111,000
Nord-Guinea	41,000	Sudan	40,000
Plateau der Berberei . . .	21,000	Küstenterrassen von Hochafrica	7,200
Barka-Plateau	2,000	Stufenland des Nils { Nubien	7,000
	364,000	{ Aegypten	3,000
			168,200
Nord-America.			
Indeskette	167,000	Arktisches America . . .	100,000
Alleghanies	8,000	Savannen des Mississippi .	52,000
	175,000	Atlantische Küstenterrasse der Alleghanies	9,700
		Atlantische Küstenterrasse von Mexico	5,300
			167,000
Süd-America.			
Cordilleras de los Andes .	44,400	Selvas d. Amazonen-Stroms	146,400
Brasilisches Gebirge . . .	15,500	Pampas d. Plata-Stroms ꝛc.	76,000
Sierra von Parime . . .	14,500	Llanos des Orinoco . . .	16,200
Küstenkette v. Venezuela und S. Marta	1,200	Ebene d. Magdalenen-Stroms	6,800
	75,600		245,400
In ganz America ist			
Das Hochland	250,600	Das Tiefland	412,400

Hinsichtlich des Verhältnisses der Breite der Gebirge zu ihrer Länge ist durchaus keine Regelmäßigkeit nachzuweisen, dann während z. B. bei dem Harze die Breite zur Länge sich verhält wie 1 : 3, beim Thüringerwald wie 1 : $4^1/_2$, bei den Sudeten wie 1 : 5, ist dieses Verhältniß bei den europäischen Alpen gleich 1 : 5, beim Himalaya (im engeren Sinne) 1 : 10 und bei den Andes von Süd-America 1 : 60.

Ueber das Streichen der Gebirge oder ihre Richtung, worauf wir weiter unten bei der Darstellung der Hebung der Gebirge in den verschiedenen Perioden der Erdentwicklung zurückkommen werden, mag hier nur im Allgemeinen bemerkt werden, daß Alex. v. Humboldt zuerst eine Gesetzmäßigkeit in der Längenrichtung und im Einfallen der Alpen, sowohl in dem Hauptrücken als in den zu demselben Systeme gehörenden Höhenzügen, wahrzunehmen glaubte, welche Richtung von Süd-West nach Nord-Ost er ferner in der Jura-Kette, in allen Bergzügen des Fichtelgebirges, des Erzgebirges ꝛc., auch in Polen, Frankreich und Spanien vorwaltend bemerkte, und als er diese Richtung auch bei seiner Ankunft in Süd-America, in Venezuela bestätigt fand, sprach er als ein allgemein gültiges Gesetz aus: daß alle Gebirgszüge der Erde mit einander parallel laufen und gegen Nord-West einfallen, „so daß ihre Richtung mit der Erdaxe einen Winkel von 45° bis 57° macht, daß diese Neigung und Richtung unabhängig von der Richtung und der Gestalt der Gebirge ist und die Thäler darauf keinen Einfluß haben, so daß sie eine viel allgemeinere, mehr ins Große gehende Ursache haben müssen, die auf einer Anziehung der Theilchen beim Erhärten der Erde zu beruhen scheint *).“ Spätere genauere Beobachtungen in Europa, sowie auch von Humboldt selbst in den Cordilleren Süd-America's, haben gezeigt, daß dieses Gesetz nicht allgemein gültig sei, und daß außer dieser Richtung noch andere auftreten, und daß sogar die Richtung von Süd nach Nord oder die Meridianrichtung der Gebirge im Ganzen jene Richtung, welche man die der Parallelkreise nennen könnte, dem Raume nach, den sie einnimmt, überwiegen möchte. Die Alpen selbst bieten die Beweise hierfür dar, dann an ihrem Südwest-Ende verwandelt sich die Richtung mit dem Montblanc, in den sogenannten See-Alpen, in die von Süd nach Nord; und in dem östlichen Theile der Alpen verwandelt sich ebenfalls die Hauptrichtung in die auf diese rechtwinklige von Nordwest nach Südost, welche sich ununterbrochen durch Krain und Croatien und ins nördliche Griechenland bis an die Küste des schwarzen Meeres verfolgen läßt. Ebenso ist die Richtung der Pyrenäen bei einem ausgezeichneten Parallelismus der Nebenketten mit der Hauptkette fast genau rechtwinklig gegen die Hauptrichtung der Alpen gestellt. Dieselbe Richtung von Nordwest nach Südost sehen wir ebenfalls bei den meisten Gebirgszügen Deutschlands auftreten, so bei dem Riesengebirge in Schlesien und seinen südöstlichen Fortsätzen, den Sudeten und dem Eulengebirge; bei dem Harze und seinen Fortsetzungen und den mit ihm parallel laufenden Hügelreihen von Hannover und Westphalen, dem Teutoburger Wald und der Weserkette, wie endlich gleichfalls bei dem Thüringerwald mit seinen Umgebungen und der hohen Rhön. Dieselbe Richtung verfolgen ferner in Europa noch die Apenninen, und in Asien die Hauptmasse seiner Gebirgsketten, bei dem Kaukasus, dem Himalaya ꝛc. Die dritte Hauptrichtung, welche bei den Gebirgszügen sich vorfindet, ist die von

*) Gilb. Ann. Bd. VII. S. 333.

Süd nach Nord, besonders ausgezeichnet auftretend in dem skandinavischen Ge-
irge, während in Deutschland der Schwarzwald und die ihm gegenüberliegenden
Vogesen, in Frankreich die Cevennen, welche den See-Alpen parallel laufen, ferner
er Gebirgszug der italienischen Halbinsel, in Asien besonders der Urál und die
Gebirgszüge von Kamtschatka, Hinterindien nnd Vorderindien, und in America die
Anden, welche vom Cap Horn bis zum Elias-Berge (61° nördl. Breite) sich erstrecken,
mit geringen Unterbrechungen die südnördliche Richtung verfolgen, eine Richtung,
welche auch in Africa eine bedeutende Rolle zu spielen scheint, obgleich die Ge-
birgszüge im Innern desselben noch zu wenig bekannt sind, um mit hinlänglicher
Sicherheit darüber zu entscheiden. Im Allgemeinen kann man die Behauptung
aufstellen, daß in Europa und Asien die Parallelenrichtung die vorherrschende sei,
während sie in Africa und America gegen die Meridianrichtung zurückzutreten
scheint, so daß beide Normalrichtungen in bestimmten, entgegengesetzt liegenden
Gegenden vorwalten, die Parallelenrichtung im Osten und Norden, die Meridian-
richtung im Westen und Süden der Erde.

Bei jedem Gebirge hat man den Kamm desselben, seine Abhänge und seine
Gipfel zu unterscheiden, welche Theile wir hier ebenso, wie die sogenannten Gebirgs-
stöcke einzeln einer nähern Betrachtung unterwerfen müssen. Man nennt den
Kamm eines Gebirges die Linie, welche mehr oder minder deutlich in der Längen-
richtung des Gebirges ausgeprägt ist und in deren Verlaufe die größte Erhebung
sich vorfindet; dieser Kamm bildet zugleich eine Wasserscheide, so daß die Gewässer
beiden Seiten desselben verschiedenen Stromgebieten zulaufen. Zuweilen hat
s Gebirge einen Hauptkamm, der vor andern sich durch Höhe und einen
niger unterbrochenen Zusammenhang auszeichnet, ein Vorkommen, welches jedoch
neswegs das häufigste ist, und namentlich ausgezeichnet in den Pyrenäen sich
det, wo er mit wenigen Ausnahmen die politische Grenze zwischen Frankreich
d Spanien bildet; nicht weniger scharf ist diese Erscheinung in Deutschland im
üringerwald ausgesprochen, wo die Scheitellinie des Kammes durchaus ununter-
ochen ist, in der Länge von 10 Meilen durch einen Weg, den sogenannten
nnsteig, bezeichnet wird und Thüringen von Franken scheidet; auch im Riesen-
birge überragt ein langer schmaler Kamm alle andern und trennt Böhmen von
chlesien, während ein solcher Hauptkamm ebenfalls ziemlich deutlich in dem skan-
navischen Gebirge sich wiederholt, indem hier ein jedoch mehr abgerundetes Joch,
n der Gegend des Fämund-Sees (unter etwa 63° Br.) an bis zum Nord-Cap,
einer Länge von reichlich 150 Meilen, die Scheide zwischen den Flußgebieten der
st- und Nordsee und die politische Grenze zwischen Schweden und Norwegen
det. — Häufiger als die so eben angeführte Erscheinung bemerkt man, daß die
birge aus mehreren neben einander herlaufenden Kämmen bestehen, die an Höhe
gleich sind oder unregelmäßige Abweichungen zeigen und unter sich mehr oder
niger verbunden auftreten. Ein solches Verhalten findet sich z. B. in Wallis,
das Rhonethal von zwei gleich hohen Gebirgsketten begleitet wird, ferner im
rden der Kette des Berner Oberlandes, im Süden von den sogenannten Walliser
pen und ebenso in den Umgebungen des Ober-Innthales; aber besonders eigen-
ümlich ist diese Vertheilung der Kämme in dem Schweizer Jura, wo diese Ver-
ltnisse von Escher von der Linth zuerst ausführlich nachgewiesen und auf-
klärt worden sind; hier nämlich zeigt sich die Richtung der einzelnen Ketten mit
r Hauptrichtung des Gebirges nicht ganz übereinstimmend, indem jene mehr

Hinsichtlich des Verhältnisses der Breite der Gebirge zu ihrer Länge ist durchaus keine Regelmäßigkeit nachzuweisen, dann während z. B. bei dem Harze die Breite zur Länge sich verhält wie 1 : 3, beim Thüringerwald wie 1 : 4½, bei den Sudeten wie 1 : 5, ist dieses Verhältniß bei den europäischen Alpen gleich 1 : 5, beim Himalaya (im engeren Sinne) 1 : 10 und bei den Andes von Süd-America 1 : 60.

Ueber das Streichen der Gebirge oder ihre Richtung, worauf wir weiter unten bei der Darstellung der Hebung der Gebirge in den verschiedenen Perioden der Erdentwicklung zurückkommen werden, mag hier nur im Allgemeinen bemerkt werden, daß Alex. v. Humboldt zuerst eine Gesetzmäßigkeit in der Längenrichtung und im Einfallen der Alpen, sowohl in dem Hauptrücken als in den zu demselben Systeme gehörenden Höhenzügen, wahrzunehmen glaubte, welche Richtung von Süd-West nach Nord-Ost er ferner in der Jura-Kette, in allen Bergzügen des Fichtelgebirges, des Erzgebirges ꝛc., auch in Polen, Frankreich und Spanien vorwaltend bemerkte, und als er diese Richtung auch bei seiner Ankunft in Süd-America, in Venezuela bestätigt fand, sprach er als ein allgemein gültiges Gesetz aus: daß alle Gebirgszüge der Erde mit einander parallel laufen und gegen Nord-West einfallen, „so daß ihre Richtung mit der Erdaxe einen Winkel von 45° bis 57° macht, daß diese Neigung und Richtung unabhängig von der Richtung und der Gestalt der Gebirge ist und die Thäler darauf keinen Einfluß haben, so daß sie eine viel allgemeinere, mehr ins Große gehende Ursache haben müssen, die auf einer Anziehung der Theilchen beim Erhärten der Erde zu beruhen scheint *).“ Spätere genauere Beobachtungen in Europa, sowie auch von Humboldt selbst in den Cordilleren Süd-America's, haben gezeigt, daß dieses Gesetz nicht allgemein gültig sei, und daß außer dieser Richtung noch andere auftreten, und daß sogar die Richtung von Süd nach Nord oder die Meridianrichtung der Gebirge im Ganzen jene Richtung, welche man die der Parallelkreise nennen könnte, dem Raume nach, den sie einnimmt, überwiegen möchte. Die Alpen selbst bieten die Beweise hierfür dar, dann an ihrem Südwest-Ende verwandelt sich die Richtung mit dem Montblanc, in den sogenannten See-Alpen, in die von Süd nach Nord; und in dem östlichen Theile der Alpen verwandelt sich ebenfalls die Hauptrichtung in die auf diese rechtwinklige von Nordwest nach Südost, welche sich ununterbrochen durch Krain und Croatien und ins nördliche Griechenland bis an die Küste des schwarzen Meeres verfolgen läßt. Ebenso ist die Richtung der Pyrenäen bei einem ausgezeichneten Parallelismus der Nebenketten mit der Hauptkette fast genau rechtwinklig gegen die Hauptrichtung der Alpen gestellt. Dieselbe Richtung von Nordwest nach Südost sehen wir ebenfalls bei den meisten Gebirgszügen Deutschlands auftreten, so bei dem Riesengebirge in Schlesien und seinen südöstlichen Fortsätzen, den Sudeten und dem Eulengebirge; bei dem Harz und seinen Fortsetzungen und den mit ihm parallel laufenden Hügelreihen von Hannover und Westphalen, dem Teutoburger Wald und der Weserkette, wie endlich gleichfalls bei dem Thüringerwald mit seinen Umgebungen und der hohen Rhön. Dieselbe Richtung verfolgen ferner in Europa noch die Apenninen, und in Asien die Hauptmasse seiner Gebirgsketten, bei dem Kaukasus, dem Himalaya ꝛc. Die dritte Hauptrichtung, welche bei den Gebirgszügen sich vorfindet, ist die von

*) Gilb. Ann. Bd. VII. S. 333.

Süd nach Nord, besonders ausgezeichnet auftretend in dem skandinavischen Ge-
irge, während in Deutschland der Schwarzwald und die ihm gegenüberliegenden
Vogesen, in Frankreich die Cevennen, welche den See-Alpen parallel laufen, ferner
er Gebirgszug der italienischen Halbinsel, in Asien besonders der Urál und die
Gebirgszüge von Kamtschatka, Hinterindien nnd Vorderindien, und in America die
Anden, welche vom Cap Horn bis zum Elias-Berge (61° nördl. Breite) sich erstrecken,
mit geringen Unterbrechungen die südnördliche Richtung verfolgen, eine Richtung,
welche auch in Africa eine bedeutende Rolle zu spielen scheint, obgleich die Ge-
birgszüge im Innern desselben noch zu wenig bekannt sind, um mit hinlänglicher
Sicherheit darüber zu entscheiden. Im Allgemeinen kann man die Behauptung
aufstellen, daß in Europa und Asien die Parallelenrichtung die vorherrschende sei,
während sie in Africa und America gegen die Meridianrichtung zurückzutreten
scheint, so daß beide Normalrichtungen in bestimmten, entgegengesetzt liegenden
Gegenden vorwalten, die Parallelenrichtung im Osten und Norden, die Meridian-
richtung im Westen und Süden der Erde.

Bei jedem Gebirge hat man den Kamm desselben, seine Abhänge und seine
Gipfel zu unterscheiden, welche Theile wir hier ebenso, wie die sogenannten Gebirgs-
risse einzeln einer nähern Betrachtung unterwerfen müssen. Man nennt den
Kamm eines Gebirges die Linie, welche mehr oder minder deutlich in der Längen-
richtung des Gebirges ausgeprägt ist und in deren Verlaufe die größte Erhebung
sich vorfindet; dieser Kamm bildet zugleich eine Wasserscheide, so daß die Gewässer
beiden Seiten desselben verschiedenen Stromgebieten zulaufen. Zuweilen hat
s Gebirge einen Hauptkamm, der vor andern sich durch Höhe und einen
niger unterbrochenen Zusammenhang auszeichnet, ein Vorkommen, welches jedoch
ineswegs das häufigste ist, und namentlich ausgezeichnet in den Pyrenäen sich
det, wo er mit wenigen Ausnahmen die politische Grenze zwischen Frankreich
d Spanien bildet; nicht weniger scharf ist diese Erscheinung in Deutschland im
hüringerwald ausgesprochen, wo die Scheitellinie des Kammes durchaus ununter-
ochen ist, in der Länge von 10 Meilen durch einen Weg, den sogenannten
ennsteig, bezeichnet wird und Thüringen von Franken scheidet; auch im Riesen-
birge überragt ein langer schmaler Kamm alle andern und trennt Böhmen von
chlesien, während ein solcher Hauptkamm ebenfalls ziemlich deutlich in dem skan-
inavischen Gebirge sich wiederholt, indem hier ein jedoch mehr abgerundetes Joch,
n der Gegend des Fämund-Sees (unter etwa 63° Br.) an bis zum Nord-Cap,
einer Länge von reichlich 150 Meilen, die Scheide zwischen den Flußgebieten der
st- und Nordsee und die politische Grenze zwischen Schweden und Norwegen
det. — Häufiger als die so eben angeführte Erscheinung bemerkt man, daß die
birge aus mehreren neben einander herlaufenden Kämmen bestehen, die an Höhe
gleich sind oder unregelmäßige Abweichungen zeigen und unter sich mehr oder
niger verbunden auftreten. Ein solches Verhalten findet sich z. B. in Wallis,
das Rhonethal von zwei gleich hohen Gebirgsketten begleitet wird, ferner im
rden der Kette des Berner Oberlandes, im Süden von den sogenannten Walliser
ren und ebenso in den Umgebungen des Ober-Innthales; aber besonders eigen-
ümlich ist diese Vertheilung der Kämme in dem Schweizer Jura, wo diese Ver-
ltnisse von Escher von der Linth zuerst ausführlich nachgewiesen und auf-
klärt worden sind; hier nämlich zeigt sich die Richtung der einzelnen Ketten mit
r Hauptrichtung des Gebirges nicht ganz übereinstimmend, indem jene mehr

WSW. — ONO. ſich zieht als die Jura-Kette ſelbſt, ſo daß eine Kette nach der andern, ſobald ſie an den Rand des Gebirges tritt, ſchnell abbricht und verloren geht. Dergleichen mit einander parallel laufende Ketten hat Eſcher wenigſtens fünf nachgewieſen, welche jede für ſich ſtehend, ſobald die ihr gegen die Alpen vorliegende verſchwunden iſt, eine Zeit lang gegen dieſelben den vordern Rand bilden und dann zugleich immer den Hauptkamm des Gebirges, welcher hier ſtets auf der den Alpen zugekehrten Seite liegt, während ihr Kamm vorher minder bedeutend war und ſpäter ſich ſchnell wieder zu dem von unbedeutenden Vorhügeln erniedrigt*). Alex. v. Humboldt hat bemerkt, daß in den Cordilleren in Chili (14° ſüdl. Br.), wo ſie in mehreren Ketten neben einander hinlaufen, ein förmliches Alterniren in der Höhe ſtattfindet, welches man im Kleinen auch ſehr ſchön am Teutoburger Walde und anderswo bemerken kann. Hiſinger hat bei dem ſkandinaviſchen Gebirge nachgewieſen, daß ſein Hauptkamm, der im Allgemeinen die Richtung von S. nach N. oder von SSW. nach NNO. verfolgt, im Einzelnen mehrfach davon abweicht, da er aus den Enden ſich unter einander begegnender Ketten gebildet wird, deren man im Großen wenigſtens vier nachweiſen kann. — Zur Beſtimmung der Kammhöhe eines Gebirges bediente ſich Alex. v. Humboldt der ihm aus eignen Erfahrungen bekannten Thatſache, daß die Kämme der Alpen, Pyrenäen, Anden u. ſ. w. nur ſelten auf längere Strecken in die Schneelinie hineinragen. Er nahm daher die bekannte Höhe der Schneegrenze für das Maximum der Erhebung der Bergkämme, die mittlere Höhe der Gebirgspäſſe (ſ. unten) aber für das Minimum dieſer Erhebung; das Mittel aus beiden Werthen gab ihm ſodann einen ſehr wahrſcheinlichen mittleren Werth für die allgemeine Höhe der Gebirgskämme.

Die verſchiedene äußere Geſtalt der Gebirgskämme hat zu verſchiedenen Benennungen Anlaß gegeben. Schmale, zackig zerriſſene Felſenkämme, namentlich wenn ſie in bedeutender Höhe vorkommen, werden Grathe oder Gräthe genannt; die ſchmalen, aber ganzrandigen und etwas abgerundeten Kämme dagegen führen oft den Namen der Egge, während man einen noch breiter und flacher abgerundeten Kamm gewöhnlich mit dem Ausdruck Rücken des Gebirges bezeichnet, welcher jedoch ebenſo wie Gebirgsjoch oft als gleichbedeutend mit der allgemeinen Benennung Gebirgskamm gebraucht wird. Wird der Kamm noch breiter, ſo nimmt er allmälig den Charakter einer Hochebene, eines Plateau- oder Hochlandes an, welches alle Erſcheinungen des Tieflandes wiederholt, von dem es ſich nur durch die verſchiedene Erhebung über die Meeresfläche unterſcheidet. Eine ſolche Erſcheinung bietet z. B. der Oberharz und der Dovre-Fiell in Norwegen dar, deſſen Hauptrücken nach L. von Buch in einer Höhe von etwa 4000 Fuß eine faſt ebene Fläche von 8—10 Meilen Breite bildet, während faſt in allen bedeutenden Gebirgszügen ähnliche Erſcheinungen ſich vorfinden.

Die Abhänge oder Abfälle des Gebirges nennt man die vom Joch oder von der Scheitellinie des Kammes bis an den Fuß der Berge ſich ziehenden ſchiefen Flächen, welche alſo mit der Grundfläche des Gebirges ſelbſt bei völliger Gleichförmigkeit ein dreiſeitiges Prisma bilden würden; dieſe rein ſymmetriſche Form möchte wohl niemals oder doch nur in ſehr geringer Ausdehnung in der Natur aufzufinden ſein. Faſt immer findet man, daß die Neigung der Abhänge zu beiden Seiten der Berg-

*) Fr. Hoffmann a. a. O. S. 164.

kette eine verschiedene sei, und eine gewisse Regelmäßigkeit, welche in diesem Neigungsverhältnisse schon frühzeitig bemerkt wurde, führte Torbern Bergmann zu der Behauptung, daß alle die Bergketten, welche von Nord nach Süd streichen, ihren steilen Abhang gegen Westen kehren, während diejenigen, welche sich von Osten nach Westen ausdehnen, ihren steilsten Abhang an der Südseite besitzen, eine Behauptung, welche durch die in der Natur auftretenden Erscheinungen im Allgemeinen sich bestätigt findet. So gehört der ersten Classe von Gebirgen z. B. die Andes-Kette America's an, deren bei weitem steilerer Abhang gegen Westen, gegen den großen Ocean sich wendet, während sie gegen das Innere des Continentes sehr allmälig sich verflachen; ein ganz ähnliches Verhalten zeigt auch das skandinavische Gebirge. In die zweite Classe der Gebirge, welche ihren steilsten Fall gegen Süden haben, gehören z. B. die Pyrenäen und besonders auch die Alpen, welche im Norden allerdings immer scharf bezeichnet sind, aber aus einer Hochebene von 12—1500 Fuß Meereshöhe aufsteigen und zwar in verschiedenen Ketten, von denen die nördlichern viel niedriger sind, als die nachfolgenden, während im Süden das Gebirge aus der Ebene der Lombardei und von Piemont, einer hohen Mauer gleich, steil und plötzlich emporragt. Hierher gehört ferner als ausgezeichneter Berg das Erzgebirge, weniger das Riesengebirge, das niederrheinische Schiefergebirge, die Karpathen ꝛc., und endlich zeigt die Kette des Himalaya entschieden dieselbe schnelle und steile Abdachung gegen Süden in die weite tiefe Ebene des Ganges-Thales hinein, während sie nordwärts in die Hochebene Mittelasiens verschwinden. — Jedoch läßt sich das angeführte Gesetz keineswegs auf alle Gebirgszüge anwenden; die Natur zeigt in der That Ausnahmen von dieser Regel, so daß man diese Erscheinungen eher den zufällig in einer bestimmten Richtung die Hebung der Erdschichten bewirkenden plutonischen Kräften zuschreiben muß, als daß man den aus diesen Erscheinungen ein bestimmtes und allgemein gültiges Gesetz für die Erhebungen der Gebirgssysteme selbst ableiten könnte. So bemerkt man z. B. bei dem Harze, einer nahe westöstlich gerichteten Bergkette, gegen Norden ein wenigstens doppelt so steiles Abfallen als gegen Süden; ein gleiches Verhalten, wenn auch weniger ausgezeichnet, zeigt der Thüringer Wald, ferner in einem größeren Maßstabe auch der Kaukasus und besonders auch die Küstenkette von Venezuela, welche nach den Messungen Alexanders v. Humboldt in der sogenannten Silla de Caracas die Höhe von 7896 Fuß erreicht, und dort ist ihr Abhang nach Norden so steil, daß er dem Auge eine senkrecht sich erhebende Mauer von fast 7800 Fuß darbietet, während das Gebirge gegen Süden zu dem Llano de Calabozo sehr sanft hinabsteigt. Ferner bilden Ausnahmen der zweiten Classe von den in nordsüdlicher Richtung sich ausdehnenden Gebirgszügen in Europa namentlich die Vogesen und die Cevennen und nicht weniger der Ural, welche alle ihren steilen Abfall gegen Osten kehren, gegen Westen dagegen sich sanft gegen das Tiefland hin verflachen.

Ein anderes Verhalten und ein bestimmter ausgesprochenes Gesetz zeigt sich in Beziehung auf die Lage der steileren Abhänge in den einzelnen Ketten, welche einen Gebirgszug zusammensetzen. Die Lage ist nämlich durchgängig von der Art, daß die einzelnen Nebenketten, welche die Centralkette zu beiden Seiten begleiten, ihren steilen Abhang stets nach innen, der Centralkette entgegen kehren, während sie nach außen hin sanfter abfallen. Sauſſure entdeckte dieſes Verhalten zuerſt in den Alpen und ſpätere Beobachter haben dieſe Erſchei-

nungen in allen genauer untersuchten Gebirgssystemen bestätigt gefunden, so daß Brisson und Dupuys Thorcy den allgemein gültigen Satz aussprechen konnten: daß, wenn eine Bergkette sich auf einer geneigten Ebene erhebt, ihr steiler Abhang allemal sich auf der dem Falle der Ebene entgegengesetzten Seite befinde. Der sanfte Abhang ist in der Regel übereinstimmend mit dem allgemeinen Fallen der Schichten, eine Thatsache, welche die Annahme der Entstehung der Gebirge durch Erhebung aus Spalten vollkommen bestätigt, indem nämlich die abgebrochenen Ränder der Erdrinde mit steilem Einfallen um den Kern des Gebirges herumlagern mußten, während nach außen hin ein sanftes und allmäliges Uebergehen in die ursprüngliche horizontale Lagerung der Schichten stattfand.

Ueber den Kamm oder die mittlere Erhebung der Gebirge ragen gewöhnlich die einzelnen Berggipfel hervor, welche durch ihre Form und Gruppirung einem jeden Gebirge seinen eigenthümlichen Charakter verleihen, wie er sich dem Auge des Beobachters darbietet. Nach ihrer äußern Form hat man den Berggipfeln verschiedene Benennungen gegeben, die in verschiedenen Ländern und selbst in verschiedenen Gegenden desselben Landes mannigfach variiren. Spitze, zerrissene steile und nadelförmige Gipfel nennt man in der deutschen Schweiz Hörner, in der französischen dagegen Dent oder Aiguille, in Tyrol, Steyermark und Oesterreich Kogel oder Kofel, auch wohl einfach Spitz, welcher Ausdruck namentlich für die höchsten Gipfel des Tatra-Gebirges in den Karpathen gebraucht wird, z. B. die Lomnitzer Spitz, Eisthaler Spitz. Für die bedeutenderen Berggipfel bedient man sich in Norddeutschland des Wortes Kopf (Ochsenkopf, Schneekopf), im Schwarzwalde nennt man sie Belchen, in den Vogesen Ballon oder Koppe, welche namentlich den mehr abgerundeten Gipfeln zukommen, wie denn auch der allgemeine Name Berg oft für die höchsten Gipfel der Gebirge gebraucht wird, der namentlich bei denjenigen Berggipfeln Anwendung findet, welche mehr die Form sanft ansteigender Rücken zeigen, als ein steiles und plötzliches Aufsteigen über den Kamm des Gebirges. Den Vulcanen ist die Gestalt eines mehr oder minder abgestumpften Kegels eigen, über dessen Beschaffenheit, sowie über das Auftreten und das Vertheilen der Vulcane man am Schlusse dieser Abhandlung nähere Angaben findet. Hierher gehören auch die Formen umgestürzter Glocken, welche in vulcanischen und basaltischen Gegenden auftreten und in dem südlichen Frankreich mit der eigenthümlichen Benennung Puy bezeichnet werden (Puy de Dome, Puy de Pariou, Puy Marie); dieselbe Form zeigen auch der Chimborazo und die meisten Riesenberge der Cordilleren Südamerica's, wie ebenfalls die Berge des rheinischen Siebengebirges und des basaltischen böhmischen Mittelgebirges. Die äußere Gestaltung der Gipfel ist hauptsächlich abhängig von der Gebirgsart, aus welcher dieselben bestehn, von der Festigkeit und Härte dieses Gesteins und dem Grade, in welchem es zur Verwitterung geneigt ist oder derselben zu widerstehen vermag, über welche Verhältnisse wir in dem zweiten Theile dieser Abhandlung bei Gelegenheit der Charakteristik der Gebirgsarten und der Erklärung der bei der Verwitterung der Gesteine auftretenden Erscheinungen, das Nähere mitzutheilen haben.

Hinsichtlich der Vertheilung der Gipfel läßt sich im Allgemeinen als Regel aufführen, daß die höchsten Erhebungen der Richtung der Kämme folgen und daß sie über diese unmittelbar hervorragen, wie man dies namentlich in den Alpen beobachtet, wo die höchsten Hörner auf den Kanten der Hauptketten liegen.

Ausnahmen von dieser Regel sind jedoch nicht selten und zuweilen treten bedeutende Berggipfel hervor, die getrennt von dem Hauptrücken des Gebirges sind; so gewissermaßen, wenigstens zum Theil, der Montblanc, die Ortlerspitze im südwestlichen Tyrol, der Mont Perdu, die Maladetta in den Pyrenäen, so daß also gerade diese Ausnahme von jener Regel auf die höchsten Gebirgsgipfel Anwendung findet, ein Verhalten, welches ebenfalls in der skandinavischen Alpenkette beobachtet worden ist. Wahrscheinlich rührt dieses interessante Verhältniß von der stärkeren Erhebung her, welche die einzelnen Gipfel im Verhältniß zur ganzen Kette erlitten haben, und welche sie nöthigte, sich loszureißen. Dies zeigt sich nach L. v. Buch*) deutlich am Montblanc; im Falle der Isolirung der höchsten Gipfel von der Hauptkette entspricht dann dem Auftreten eines solchen eine Erniedrigung in dem dahinter liegenden Theile der Hauptkette selbst. — Ferner bemerkt man zuweilen in größeren Gebirgen eine solche Vertheilung der Berggipfel, daß sie am Rande großer kreisförmiger Räume stehen, welche mit steilen Wänden umgeben sind; diese Erscheinung zeigt sich ausgezeichnet in der Berggruppe des Monte Rosa, in welcher lieben Berggipfel einen großen Raum, den Circus von Macugnaga einschließen, der nach Saussure $1^1/_4$ deutsche Meile im Durchmesser hat. Aehnliche Gruppirungen der Berggipfel hat Charpentier in den Pyrenäen beobachtet, von denen namentlich die Oule de Gavarnie am obern Ende des Thales von Barrèges anzuführen ist, wie auch der Circus des Thales von Estaubé.

Es wird nicht ohne Interesse sein, das Höhenverhältniß zwischen dem Kamm, als der mittleren Höhe des Gebirges, und dessen größter Erhebung kennen zu lernen; wir wollen deshalb hier eine von Berghaus zusammengestellte Tabelle mittheilen:

Gebirge	Mittelhöhe n	Scheitelpunkt	Dessen Höhe m	n : m
Himalaya (der eigentliche) . .	14700′	Dhawalagiri . . .	26340′	1 : 1,8
Oestliche Cordillere von Bolivia	14300	Illimani	22400	1 : 1,5
Westliche Cordillere von Bolivia	14000	Gualatieri	20640	1 : 1,5
Andes von Quito	11100	Chimborazo . . .	20100	1 : 1,8
Kaukasus	8000	Elbrus	16700	1 : 2
Pyrenäen	7500	Pic Nethou . . .	11722	1 : 1,5
Schweizer Alpen	7200	Mont Blanc . . .	14811	1 : 2
Tatra (Karpathen)	5700	Lomnitzer Spitze . .	7992	1 : 1,4
Küsten-Cordillere von Venezuela	4500	Silla de Caracas .	8100	1 : 1,8
Hardanger- und Sognefield . .	4500	Skageslöesstind . .	7650	1 : 1,7
Auvergne (Hochfrankreich) . .	4000	Mont d'or	5803	1 : 1,4
Riesengebirge	4000	Schneekoppe . . .	4929	1 : 1,2
Sudeten	3800	Altwater	4594	1 : 1,2
Alleghanies	3400	Mount Washington .	6240	1 : 1,8
Schweizer Jura	3400	Moleffon	6178	1 : 1,8
Schwarzwald	3200	Feldberg	4597	1 : 1,4
Vogesen	3200	Sülzer Balon . . .	4401	1 : 1,4
Levre (skandinavisches Geb.) .	3000	Snöhättan . . .	7100	1 : 2,4
Böhmerwald	3000	Rachel	4470	1 : 1,5
Erzgebirge	2600	Keilberg	3823	1 : 1,5

*) Vergl. Friedr. Hoffmann a. a. O. S. 178.

Gebirge	Mittelhöhe n	Scheitelpunkt	Dessen Höhe m	n : m
Thüringer Wald	2400	Großer Beerberg	3064	1 : 1,3
Fichtelgebirge	2100	Schneeberg	3237	1 : 1,5
Rhön	2000	Dammersfeld	2841	1 : 1,4
Niederrheinisches Gebirge	1800	Großer Feldberg	2708	1 : 1,5
Harz	1800	Brocken	3508	1 : 1,9
Deutscher Jura	1800	Hohenberg	3171	1 : 1,7
Hardt	1600	Kalmuck	2077	1 : 1,3
Odenwald	1500	Katzenbuckel	1917	1 : 1,3
Spessart	1500	Geiersberg	1900	1 : 1,3
Pfälzisches Gebirge	1300	Donnersberg	2090	1 : 1,6

Kammhöhen		Gipfelhöhen	
Harz	= 1	Brocken	= 1
Schweizer Alpen	4	Mont Blanc	4,3
Andes von Quito	6	Chimborazo	5,7
Himalaya	8	Dhawalagiri	7,5

Aus der so eben mitgetheilten Tabelle ergeben sich einige bemerkenswerthe Zahlenverhältnisse, auf welche zum Theil Alex. v. Humboldt*) zuerst aufmerksam gemacht hat. Die Kammhöhen der Alpen, der Cordilleren und des Himalaya verhalten sich fast genau wie 4 : 6 : 8, d. h. die mittlere Höhe der Andes von Quito ist um die Hälfte größer als die der schweizer Alpen, der Himalaya ist um die Hälfte der Höhe der Andes höher als diese und doppelt so hoch als die Alpen der Schweiz. Es zeigt sich ferner das oft wiederkehrende Verhältniß, daß nämlich die Culminationshöhe des einen Gebirges gleich ist der Kammhöhe eines andern; so erreichen die Gipfel der Pyrenäen fast gerade die mittlere Höhe des Kammes der Cordilleren, die der Alpen dagegen genau die mittlere Höhe des Kammes der Himalaya-Kette, und ferner ist die höchste Spitze der Karpathen an Höhe gleich dem Kamme des Kaukasus, die höchsten Erhebungen des Riesengebirges, des schweizer Jura und der Auvergne sind nahe gleich der Kammhöhe der Karpathen, und der höchste Berg des Erzgebirges steht mit der Plateauhöhe der Auvergne fast in gleichem Niveau. Endlich ist noch ein Zahlen-Verhältniß zu beachten, welches man in den meisten Hauptgebirgsketten und in mehreren Neben-Gebirgen auftreten sieht und das sich auf die Weise ausdrücken läßt, daß die Höhe der Culminationspunkte genau, oder doch sehr nahe, das Doppelte der Kammhöhe beträgt; so im Himalaya, in den Andes von Quito, in den schweizer Alpen, im Kaukasus, in den Alleghanies, in der Küstenkette von Venezuela, im schweizer Jura, in einigen Theilen des skandinavischen Gebirges, im Harze. Bei andern Gebirgen ist das Verhältniß der Kammhöhe zur größten Gipfelhöhe geringer und bei vielen sehr aushaltend gleich 1 : 1,4 bis 1,6, so unter den Hochgebirgen bei den Pyrenäen, den Andes von Bolivia, den Karpathen; unter den Gebirgen von geringerer Höhe beim Berglande von Auvergne, beim Schwarzwald, bei den Vogesen, dem

*) Poggendorff's Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. XXIII. Taf. VI.

Böhmerwald, Erzgebirge, Fichtelgebirge, bei der Rhön und dem niederrheinischen Gebirge.

Die Thäler oder die Vertiefungen zwischen den Erhebungen laufen entweder zwischen Parallelketten hin und werden dann Längenthäler genannt, oder sie durchschneiden diese in einer Richtung, welche senkrecht auf die der Längenthäler steht, und führen dann den Namen Querthäler, durch welche meistens die Gewässer von den oberen Gebirgsregionen sich ihren Weg bahnen und in Wasserfällen und über Stromschnellen bis in die Ebene hinab sich ergießen. Beispiele von Längenthälern bieten in den Alpen die Thäler dar, welche vom Inn, von der Adda, von der Sau und Drau, von einem Theile des Rheins und der Rhone ꝛc. bewässert werden, und im großartigsten Maßstabe die Flußthäler des oberen Indus und des oberen Sutledsch im Himalaya, sowie des oberen Maranhon in den Anden von Peru. Querthäler treten in jedem Gebirge auf, auf welchem Flüsse und Ströme ihren Ursprung nehmen: so ergießt sich in den Alpen der Rhein durch zahlreiche Querthäler und bildet noch außerhalb der Alpen ein großes Querthal zwischen Bingen und Bonn, und durch eine gleiche Vertiefung ergießt sich die Elbe zwischen Loboſitz bis unterhalb Meißen, während am großartigsten diese Erscheinungen wieder im Himalaya auftreten, wo Indus und Sutledsch den ganzen Hochgebirgswall in gewaltigen Querthälern durchfurchen.

Endlich ist noch einer Erscheinung Erwähnung zu thun, welche allen bedeutenden Gebirgen gemeinsam ist, nämlich der Pässe, welche entgegengesetzte Thäler und dadurch die Länder auf beiden Seiten des Gebirges mit einander verbinden und so die wichtigen Handelsstraßen bezeichnen, auf welchen der Verkehr der Menschen unter einander seit Jahrhunderten und Jahrtausenden stattgefunden hat. Die Pässe sind die Vertiefungen zwischen den Gipfeln des Gebirges und bezeichnen die tiefsten Einschnitte des Kammes. Diese Gebirgseinschnitte oder Einsattelungen werden im Deutschen Pässe, Joche, Scheidecken, Furken, Tauern, im französischen Cols, Fourches, im savoyischen Patois Forclaz genannt. In den östlichen und westlichen Pyrenäen heißen sie ebenfalls Cols, im centralen Theile der Kette aber Ports, im Spanischen Puertos; in Nieder-Navarra heißen die Pässe Lepoa (ein baskisches Wort); je nach dem Volksdialect und zuweilen auch nach den Modificationen in der Höhe, Gestalt oder der Häufigkeit des Vorkommens nennt man die Pässe in den Pyrenäen auch Portillon, Cot, Hourque, Hourquette, Fourque, Fourquette, Porte, Breche *). Man darf sich die Pässe nicht auf die Weise vorstellen, als ob sie die Punkte bildeten, wo man über den Hauptkamm oder die höchste Kante des Gebirges steigen könnte, so daß man oben angelangt plötzlich von der Höhe des Gebirges aus einen freien Blick in das jenseits gelegene Land zu werfen vermöchte. So verhalten sich nur die kleineren überall zugänglichen Gebirge, von deren Höhe aus man das zu beiden Seiten derselben sich ausbreitende Land zu übersehen vermag; dergleichen Pässe bilden z. B. der Passo della Tambura in den Bergen von Carrara und die Pässe der Bergkette von Sicilien, welche zwischen dem Aetna und dem Meere sich hinziehen. Ganz anders jedoch ist der Anblick, den die Pässe in den höheren, den eigentlichen Alpengebirgen gewähren. Wir folgen hier bei der Beschreibung der

*) Vergl. Berghaus, Länder- und Völkerkunde. Theil II. S. 453.

Natur dieſer Päſſe der von Ebel*) gegebenen Schilderung. Dort, wo man die hohen Kämme zahlreicher parallel laufender Bergketten nicht ohne Beſchwerde und nur an wenigen Punkten erſteigen kann, ſind die vorzugsweiſe ſogenannten Päſſe ſtets ſcharf bezeichnete Einſchnitte, welche quer durch das ganze Gebirge hindurchſetzen, ſo daß ſie aus der Verbindung zweier entgegengeſetzt auslaufender Thäler gebildet werden, oder ſelbſt als das Gebirge quer durchſetzende Thaleinſchnitte, als die höchſten Querthäler der Centralkette betrachtet werden. An dem Eingange ſolcher Gebirgsübergänge angelangt, ſteigt man daher oft mühſam auf ſchmalem Pfade viele Stunden weit in einem engen und tief eingeſchnittenen Thalgrunde aufwärts, auf einem an ſteilen Felswänden oft künſtlich befeſtigten Wege längs den Uferrändern eines tobenden Bergſtroms. Man gelangt endlich nach verſchiedenartigen Abſätzen und Krümmungen auf die Scheideck oder den Scheitelpunkt des Bergpaſſes, aber ſtatt der gehofften freien Ausſicht in das Tiefland findet man dort noch dieſelbe Natur des Gebirges. Stets beengt von hoch aufſteigenden Felswänden, über welche die höchſten Gipfel des Gebirges oft noch 3000, 4000, ja ſelbſt 9000 Fuß hervorragen, erblickt man ſich in einem nackten, öden, von hohen ſteilen beſchneiten und begletſcherten Felſen ummauerten Thale, in welchem nur das Sauſen der Winde und das wunderbare Geſtaltenſpiel der Wolken Bewegung verbreiten; oft eine anſehnliche Strecke weit bleibt es zweifelhaft, ob man den Gebirgskamm ſchon überſchritten habe und ſich am jenſeitigen Abhange befinde. Stets noch umſchloſſen von hohen ſteilen Wänden, geht man endlich entſchieden wieder bergabwärts; immer tiefer und oft ganz ſchluchtenartig ſchneidet das Thal ein und die Ausſicht eröffnet ſich endlich erſt, wenn die hohe Gebirgsnatur allmälig ſich verliert und man dem letzten Rande der Mauer ſich nähert, aus deren oft ſchmaler Pforte hervortretend der herabſtürzende Bergſtrom nun plötzlich in die Niederung ſich ausbreitet. Dies iſt das wahre Bild aller größeren Alpenpäſſe oder der Päſſe aller Hochgebirge.

Eine intereſſante Erſcheinung bieten die Päſſe eines und deſſelben Gebirges hinſichtlich der mittleren Erhebung ihres Scheitelpunktes über die Meeresfläche dar. Schon Ebel bemerkte in den Alpen, daß die bedeutenderen Päſſe der Alpen faſt alle in ziemlich gleicher Meereshöhe liegen, nämlich von 6000—7500 Par. Fuß, wie man aus der folgenden Tafel erſieht:

der Mont Cenis . .	6360 F.	der St. Bernhardin	6584 F.
der kleine St. Bernhard	6750 "	der Splügen . .	6513 "
der große St. Bernhard	7548 "	der Bernina . .	6260 "
der Simplon . . .	6174 "	das Stilfſer Joch .	8610 "
der Gries	7336 "	der Septimer . .	7000 "
der St. Gotthard . .	6390 "	der Maloja . .	5850 "

Die mittlere Höhe der Gebirgspäſſe der Alpen ſetzt Alex. v. Humboldt**) auf 7068 F., alſo etwas niedriger als die mittlere Kammhöhe des Gebirges. In den Pyrenäen ſind, in Betracht der geringen Ausdehnung dieſes Gebirgszuges (50 geogr. Meilen), eine weit größere Anzahl von Päſſen vorhanden als in den Alpen; der niedrigſte derſelben, der Col de Tuymorin, liegt 5760 F. über der Meeres-

*) Ebel, Bau der Erde. Bd. I. S. 38 ff.
**) Poggendorff's Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. XIII. S. 514—522.

läche, während die höchsten, wie Port de Pinède, Port de Campbiel ꝛc. zu 7680, a sogar bis zu 8000 F. sich erheben. Als Mittel aus den Höhenmessungen von 3 verschiedenen Pässen giebt Alex. v. Humboldt die Paßhöhe der Pyrenäen u 7302 Fuß an, also noch etwas höher als die mittlere Kammhöhe der Alpen, agegen um etwa 200 Fuß niedriger als die den Pyrenäen zukommende Kammöhe. Einer der niedrigsten Pässe in der Cordilleren-Kette Südamerica's ist der on Quindin und dieser liegt 10788 F. über dem Meere, während der höchste aß, der von Guanacas, bis zu 13800 F. emporragt; als die mittlere Paßhöhe nn man 10914 F. annehmen, also nur um ein sehr Geringes niedriger als die n Alex. v. Humboldt bestimmte mittlere Kammhöhe dieses Gebirges. Die ässe des Himalaya-Gebirges steigen noch höher hinauf, indem der niedrigste, der ol-Ghati, 14070, der höchste dagegen 15774 F. hoch liegen soll; als mittlere öhe ergiebt sich daraus 14592 F., also fast dieselbe Höhe wie die des Mont Blanc.

Die gleichförmige Erhebung der Pässe, die man namentlich in den Alpen d auch in anderen Gebirgen bemerkt und deren mittlerer Werth ein gewisses erhältniß zur allgemeinen Erhebung der Gebirgskämme zeigt, giebt zu der Folgeng Anlaß, daß das Minimum der Erhebung eines Gebirges ebenso wenig localen ufälligkeiten unterworfen ist, wie seine Gestaltung in gewissen Parallelrichtungen d überhaupt seine ganze ursprüngliche Bildung, indem nämlich die Erhebung es Gebirgsganzen in gewissen Strecken nur durch einen gleichförmig auf dieselen einwirkenden, allgemeinen und an seinen Wirkungen abmeßbaren Kraftaufnd erfolgt sein kann*).

Bekanntlich wurde lange Zeit hindurch der Mont Blanc als der höchste Punkt r alten, sowie der Chimborazo als die höchste Erhebung der neuen Welt beachtet; allein seit 1817 weiß man, daß in dem Himalaya-Gebirge mehrere ipfel noch weit höher in die Atmosphäre hineinragen, während man später 827) auch in America selbst, in den Anden von Bolivia, Bergspitzen entdeckte, lche die Höhe des Chimborazo bedeutend übertreffen, indem die eine derselben e deutsche Meile hoch in die Luft sich erhebt. Unter den höchsten Bergen der de sind nach Berghaus die folgenden 10 die bemerkenswerthesten:

1)	Dhawalagiri, im Himalaya	26340 F.
2)	Nanda Dewi, ebendaselbst	24156 =
3)	Ancomani oder Schneeberg von Sorata, in den bolivianischen Anden	23694 =
4)	Schneeberg von Illimani, ebendaselbst	22398 =
5)	Aconcagua, in der Andes-Kette von Chili	21768 =
6)	Chimborazo, in den Andes von Quito	20148 =
7)	Gualatieri, in der Andeskette von Bolivia	19440 =
8)	Elbrus, im Kaukasus	16800 =
9)	Popocatepetl, auf dem Plateau von Mexico	16626 =
10)	Mont Blanc, in den europäischen Alpen	14750 =

In dieser Reihenfolge, in welcher der leichteren Uebersicht wegen von den ssalen Erhebungen des Himalaya-Gebirges nur zwei aufgeführt worden sind, mmt also, wie man sieht, der Chimborazo erst die sechste Nummer ein, und man

*) Fr. Hoffmann, Physikal. Geographie.

muß drei Viertheile der Höhe des Mont Blanc auf dessen Gipfel setzen, um die Riesenhöhe des indischen Mont Blanc (Dhawala Giri, d. h. Weißer Berg) zu erreichen, welche mehr als $1^1/_8$ deutsche Meile beträgt.

II. Innere Gebirgsbeschreibung.

A. Bestandtheile der Gebirgsarten.

1) Krystallinisch-massige, plutonische Gesteine.

Nur eine geringe Anzahl von Mineralien findet man auf der Erdoberfläche in so großer Menge verbreitet, daß sie als wesentlich für die Zusammensetzung der Erdrinde überhaupt angesehen werden können. Diese Mineralien sind vorzugsweise: der Quarz, Feldspath, die Hornblende, der Augit, Glimmer und Talk; ferner die weniger häufig in sehr großer Quantität auftretenden Fossilien: Zeolith, Nephelin, Olivin, Zirkon, Serpentin, Leuzit, Magneteisenstein, Chlorit, Eisenglimmer und Granat. Die angeführten Mineralien, welche entweder einzeln für sich oder in einem Gemenge zu zwei oder drei die Gebirge oder die die Erdrinde bildenden Gesteine zusammensetzen, sind wiederum fast ausschließlich chemische Verbindungen derselben Elemente, vorzugsweise von Kieselerde, Thonerde, Alkalien, Kalkerde und Eisenoxyd, und unterscheiden sich nur durch die verschiedenen Mengenverhältnisse, in welchen diese Stoffe mit einander verbunden sind. Nach einer ungefähren Berechnung kann man annehmen, daß von der Erdrinde $^2/_3$ aus Kieselerde, $^1/_6$ aus Thonerde, $^1/_{12}$ aus Kalkerde und Magnesia, $^1/_{24}$ aus fixen Alkalien, $^1/_{48}$ aus Eisen und das letzte $^1/_{48}$ aus den übrigen auf der Erde vorhandenen Elementen besteht und zusammengesetzt ist. Die wichtigeren Gebirgsarten sind folgende:

a) Quarz-Feldspath-Gesteine.

Der Granit ist ein körniges Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer; der Quarz ist grau oder weißlich von Farbe, sehr selten in deutlichen Krystallen ausgebildet, der Feldspath dagegen fast immer in deutlichen, oft großen und vollkommenen Krystallen vorhanden, namentlich in dem älteren großkörnigen skandinavischen Granit, wo der Feldspath auch fleischroth gefärbt vorkommt, während er in dem jüngeren, z. B. in dem deutschen, Granite sehr häufig farblos ist und oft auch als Natron-Feldspath oder Albit auftritt. Der Glimmer ist entweder weiß, braun oder schwarz gefärbt, gewöhnlich nur in Blättchen vorhanden, zuweilen aber auch in deutlichen regulär-sechsseitigen Säulen herauskrystallisirt. Der Granit spaltet unter dem Einflusse der Atmosphäre in große würfelartige oder parallelepipedische Blöcke und nur, wo er sehr kleinkörnig wird, findet man auch manchmal schalige oder schieferige Absonderungen.

Dieselben Gemengtheile, wie der Granit, enthält auch der rothe Porphyr, auch Quarz- und Feldsteinporphyr genannt, vorzugsweise aber wesentlich nur Feldspath und Quarz, oft aber auch Glimmer beigemengt; der Unterschied zwischen beiden Gebirgsarten liegt nur in der verschiedenen Zusammengruppirung jener Mineralien; beim Porphyr ist eine scheinbar oder wirklich gleichartige Grundmasse, aus durch Eisen- und Manganoxyd röthlich gefärbter Quarzmasse oder einem Gemenge von Quarz und Feldspath bestehend, und in dieser Grundmasse haben sich deutliche hellfarbige Krystalle von Orthoklas und Albit und oft auch kleine krystallinische Quarzkörner ausgeschieden. In dem bei Halle

vorkommenden rothen Porphyr wurden in einer frischen Varietät gefunden: 25 Proc. Orthoklas, 33 Proc. Albit und 37 Proc. Quarz nebst Spuren von Glimmer und Flußspath*). Der Trachyt oder Trachytporphyr ist eine dem rothen Porphyr ganz analog zusammengesetzte Gebirgsart, bestehend aus einer rauhen, dichten, oft porösen oder blasigen, grau-weißlichen, feldspath-quarzigen oder albitischen Grundmasse, in welcher Krystalle von glasigem Feldspath porphyrartig sich ausgeschieden haben; der Trachyt-Porphyr von Palmarola besteht z. B., nach Abich**), aus 50 Proc. glasigem Feldspath, 25 Proc. Albit und 25 Proc. Kieselerde. Der Trachyt vom Drachenfels im Siebengebirge besteht dagegen zum größeren Theile aus glasigem Feldspath und Albit und einem kleineren durch Säuren aufschließbaren Theil (12,5 Proc.), welcher Magneteisenstein und ein zeolithartiges Mineral enthält. — Der Phonolith oder Klingstein ist ein inniges Gemenge von Feldspath und einem Zeolith, meist grün, auch grau und gelblich gefärbt und bunt gefleckt. — An den Trachyt und Phonolith schließt sich unmittelbar die feldspathige Lava hinsichtlich ihrer Zusammensetzung an, in welcher Abich in einer auf der Insel Ischia vorkommenden Varietät 3,61 Olivin, 9,22 Augit, 2,72 Magneteisenstein und 84,45 Proc. eines Kali-Natronfeldspaths von einer noch nicht beobachteten Zusammensetzung $= \dot{R}^3 \ddot{S}i^2 + \dot{\ddot{R}} \ddot{S}i^3$ fand. — Der Pechstein, Perlstein, Obsidian und Bimsstein sind alle fast gleich zusammengesetzt und ihre durchschnittliche Formel stimmt ziemlich nahe mit der des glasigen Feldspaths $= \left.\begin{matrix} \dot{K}a \\ \dot{N}a \end{matrix}\right\} \ddot{S}i + \ddot{A}l \ddot{S}i^3$ überein. Die Tuffe oder vulkanischen Aschen fand Abich gleichfalls aus einem durch Säuren zerlegbaren zeolithartigen Minerale $= \dot{R} \ddot{S}i + \dot{\ddot{R}} \ddot{S}i + \ddot{H}$ und einem unlöslichen feldspathartigen Gemengtheile $= \dot{R} \ddot{S}i + \dot{\ddot{R}} \ddot{S}i^2$ zusammengesetzt, nebst Trümmern von Augit.

b) Hornblende-Feldspath-Gesteine.

Der Syenit ist ein Granit, aus welchem der Quarz und der Glimmer als Gemengtheile fast ganz verschwunden sind, an deren Stelle die Hornblende getreten ist und mit dem Feldspath ein gewöhnlich grobkörniges Gestein bildet, welches zuweilen auch eine porphyrartige Structur annimmt. Wird in dieser Gebirgsart der gewöhnliche Kali-Feldspath durch den Natron-Feldspath oder Albit ersetzt, so hat man ein neues Gestein, den Grünstein oder Diorit, der oft als eine dichte, scheinbar gleichartige, dunkelfarbige Masse (Aphanit) auftritt, in welcher scheinbar gleichartigen Grundmasse auch Albitkrystalle porphyrartig sich ausscheiden (Dioritporphyr); schieferige Abänderungen sind die Dioritschiefer; wenn der Albit als Gemengtheil sehr zurücktritt, geht der Diorit über in das Hornblendegestein oder den Hornblendeschiefer. Der Variolit oder Blatterstein ist ein sehr feinkörniger Diorit mit eingewachsenen kugeligen Körnern von weißem dichtem Feldspath.

c) Augit-Feldspath-Gesteine.

Der Dolerit ist ein Gemenge von Augit und Kalk-Feldspath oder Labra-

*) Vergl. Wolff, Beiträge zur Kenntniß des rothen Porphyrs von Halle; Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXIV. S. 193—233. Bd. XXXVI. S. 412—421.

**) Abich, Geolog. Beobachtungen über die vulkan. Bildungen von Unter- u. Mittel-Italien. S. 19 ff.

dor, im Aeußern dem Diorit ganz ähnlich und noch mehr als dieser geneigt, eine porphyrähnliche Structur anzunehmen (Doleritporphyr, Augitporphyr, Trappporphyr oder Melaphyr). Magneteisenstein findet man häufig im Dolerit eingesprengt; wird der Labrador durch Nephelin vertreten, so hat man den Nephelinfels oder Nephelinporphyr; im Gabbro ist dagegen neben dem Labrador das dem Augit verwandte Mineral des Diallag oder Bronzit als wesentlicher Gemengtheil vorhanden, welches im Hyperſthenfels durch Hyperſthen wiederum verdrängt worden ist. — Der Baſalt ist ein dichter Dolerit, aber von diesem leicht durch seinen Wassergehalt zu unterscheiden, indem an die Stelle des Labrador, außer Nephelin, ein wasserhaltiges zeolithartiges Fossil getreten ist; nach Girard*) enthielt eine Baſalt-Varietät: 22,69 Proc. Meionit, 22,69 Nephelin, 6,37 Magneteisen und 48,25 Augit; auch Olivin ist im Baſalt in kleineren oder größeren Körnern so häufig enthalten, daß er fast als wesentlich für diese Gebirgsart betrachtet werden kann. — Sehr ähnliche Zusammensetzung mit den eben angeführten Gesteinen haben die sogenannten augitiſchen oder doleritiſchen Laven, welche von den Feldspath-Laven durch dunklere, meist grüne, graue oder röthliche Farben sich unterscheiden; nach Abich enthält z. B. die Lava der Insel Stromboli aus dem Jahre 1836 an Labrador 48,18, an Augit 44,91 und an Magneteisenstein 6,91 Proc. — Ein dem Augit ähnlich zusammengesetztes, aber wasserhaltiges Mineral ist der Serpentin, welcher auch nicht selten in großen Massen als Gebirgsart, gewöhnlich dunkelgrün gefärbt, auftritt und von dem Baſalt durch geringere Härte sich unterscheidet, oft aber ähnliche Beimengungen wie dieser enthält, nämlich Magneteisenstein, Olivin, Chromeisen, Asbest und Arsenikkies.

2) Kryſtalliniſch-ſchieferige, metamorphiſche Geſteine.

Dem Granite hinsichtlich seiner Gemengtheile ganz gleich zusammengesetzt und nur durch mehr oder weniger vollkommenes, dick- oder dünnschieferiges Gefüge von demselben unterschieden, gehört der Gneis als Hauptrepräsentant dieser Abtheilung der Gebirgsarten an; die Glimmerblättchen findet man in der Regel an den Schichtenflächen abgelagert und zwischen denselben das grob- oder feinkörnige Gemenge von Quarz und Feldspath eingeschlossen. Bei dem Zurücktreten des Feldspaths oder dem völligen Verschwinden desselben geht der Gneis in den dünnschieferigen Glimmerſchiefer über, welcher wieder, wenn der Glimmer durch Chlorit oder Talk vertreten ist, in Chlorit- oder Talkſchiefer sich verwandelt. Die angeführten kryſtalliniſch-ſchieferigen Gesteine sind alle ausgezeichnet durch das Vorkommen einer großen Menge meist schön kryſtalliſirter Mineralien, unter welchen der Granat das häufigste ist, außerdem Turmalin, Cyanit, Hornblende, Strahlstein, Bitterspath, auch Smaragd, Beryll, Kobaltglanz und Eisenkies.

3) Erdig-ſchieferige, neptuniſche Geſteine.

Der Thonſchiefer besteht, wie der Name andeutet, hauptsächlich aus Thon, welchem Kieselerde, die ganze Masse durchdringend oder in einzelnen Quarzkörnern fein eingesprengt, beigemengt ist; er erscheint gewöhnlich durch Kohle grau oder schwarz gefärbt und enthält außerdem stets größere oder geringere Mengen von Kalk, Talk, Eisenoxyd und Alkali. Die dünnschieferigen Abarten nennt man

*) Rammelsberg's Handwörterbuch d. chemiſchen Theils d. Mineralogie. S. 79 ff.

Dachschiefer, Tafelschiefer und Zeichenschiefer, die bituminösen und schwefelkieshaltigen nennt man Brandschiefer und Alaunschiefer, die harten sehr kieseligen Varietäten Wetzschiefer, Kieselschiefer und lydischen Stein. Der Kleb- oder Polirschiefer ist ein stark hygroskopischer Stein, welcher aus Thon und den kieseligen Gehäusen urweltlicher Infusorien besteht. Bei unvollkommener Schieferung und geringerer Härte und Festigkeit geht der Thonschiefer in den Schieferthon über, aus welchem durch Einwirkung des Feuers der buntgefärbte Porzellanjaspis entsteht. Der reine Thon, Kaolin oder Porzellanerde ist nach der Formel $= \dot{\ddot{A}}l^3\ddot{S}i^4 + 6\dot{H}$ *) oder auch $= \dot{\ddot{A}}l\ddot{S}i + 1\frac{1}{2}\dot{H}$ **) zusammengesetzt; wenn derselbe mit Kalk, Sand, Kali vermischt und durch Eisen- und Manganoxyde gefärbt auftritt, so bildet er den gewöhnlichen blauen oder gelben Thon und Lehm.

Die Sandsteine sind aus fest oder locker zusammengruppirten, meist abgerundeten Quarz- oder Feldspathstückchen gebildet, welche gewöhnlich durch ein kieseliges, kalkiges, thoniges, oft von Eisen- oder Manganoxyd durchdrungenes und durch diese Metalloxyde mannigfach gefärbtes Bindemittel zusammengehalten werden. Die grobkörnigen Sandsteine sind Conglomerate oder Gebirgsarten, deren Gemengtheile aus abgerundeten Bruchstücken älterer krystallinischer und mechanisch zerstörter Gesteine bestehen; sind diese Bruchstücke noch eckig und scharfkantig, so hat man die Breccien, welche mit den Conglomeraten die sogenannten Trümmergesteine bilden.

Der kohlensaure Kalk ist eine feste chemische Verbindung, welche in kleineren Partien als Mineral krystallisirt im Kalkspath auftritt, in größeren Massen als Gebirgsart, noch ziemlich rein und unvermischt im körnig-krystallinischen Zustande als Marmor auf der Erdoberfläche verbreitet ist; die reinste Varietät ist der weiße Marmor von Carrara. Der gewöhnliche Marmor ist gewöhnlich durch verschiedene Metalloxyde bunt oder durch Kohle schwarz gefärbt, verliert dann oft seine krystallinische Structur und geht in den gemeinen dichten oder erdigen Kalkstein über, der zuweilen aus kleineren oder größeren concentrisch schaligen Körnern besteht (Erbsenstein, Roogenstein oder Oolithenkalk) und oft verschiedene Beimengungen enthält, wie Magnesia (Dolomit), Thon (Mergel, Mergelstein, Tutenmergel, Mergelschiefer) oder Bitumen (bituminöser Kalk, Stinkkalk).

Der Gips oder schwefelsaure Kalk findet sich in der Regel krystallisirt oder krystallinisch in der Natur vor, entweder großblätterig oder grob- und feinkörnig (Alabaster) oder faserig (Fasergips) oder fein erdig (Schaumgips) oder in derben Massen mit erdigem Bruch, entweder farblos oder mannigfach gefärbt. Der wasserfreie schwefelsaure Kalk heißt Anhydrit und bildet meist kleinkörnige oder dichte, oft grau oder blau gefärbte Massen.

Die Ueberreste urweltlicher Vegetabilien oder die Mineralkohle findet man als Gebirgsart, zuweilen bedeutende Lager bildend, vorzugsweise in drei verschiedenen Arten, je nachdem die Pflanzen, von deren früherer Existenz sie

*) Forchhammer in Pogg. Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. XXXV. S. 348 ff.
**) Brongniart u. Malaguti im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XVII. S. 118. d. XXXI. S. 129—160.

Rechenschaft giebt, einer früheren oder späteren Periode der Erdgeschichte angehören, als Steinkohle, Braunkohle und Torf. Die Steinkohle enthält entweder kein Bitumen, wie der Graphit, Anthracit und die Faserkohle oder mineralische Holzkohle, welche fast reiner Kohlenstoff ist, oder sie ist bituminös, wie die gewöhnliche Steinkohle, die wegen ihres Gehaltes an Wasserstoff und Sauerstoff mit Flamme verbrennt. Die Braunkohle ist dagegen reicher an Sauerstoff als die Steinkohle und gleicht hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung mehr der noch unzersetzten vegetabilischen Substanz, welches namentlich bei dem in den Braunkohlenlagern so häufig vorkommenden fossilen Holze der Fall ist; die mehr dichte Braunkohle mit erdigem oder muscheligem Bruch ist gewöhnlich stark gemengt mit erdigen Mineralstoffen, welche bei dem Verbrennen in der Asche zurückbleiben; in der Braunkohle findet man oft fossile Harze, wie namentlich Bernstein, Honigstein und Retinit. Der Torf endlich ist eine ganz neue Bildung, welche noch jetzt vor unseren Augen aus noch lebend vorhandenen Pflanzen vor sich geht, oft noch leicht erkennbare, nur wenig durch Humusvermoderung veränderte Pflanzentheile enthält und zuweilen in seinen unteren Schichten in eine der erdigen und dichten Braunkohle ganz ähnliche humose oder bituminöse Masse übergeht.

B. Veränderungen, welche die Gebirgsarten durch äußere Einflüsse erleiden.

Selbst die festesten und härtesten Gesteine sehen wir unter dem Einflusse des Wassers und der atmosphärischen Luft allmälig, wenn auch oft erst im Verlaufe von Jahrhunderten oder Jahrtausenden, auseinander fallen, verwittern, in andere einfachere chemische Verbindungen sich auflösen oder mechanisch durch die Kraft des Wassers und des vulcanischen Feuers in immer kleinere Trümmer zerfallen. Es bilden sich in den festen Gesteinen zuerst in Folge der fortwährend sich ändernden Temperaturverhältnisse Risse und Spalten in den Felsen, welche oftmals, je nach der Beschaffenheit des Gesteines, zu besonderen Oberflächen-Gestaltungen und Absonderungen Anlaß geben; so lösen sich bei den Granitbildungen oftmals große parallelepipedische Blöcke ab, bei dem Basalte treten die Absonderungen gewöhnlich säulenförmig auf, bei den Grünsteinen und Porphyren plattenförmig, der Kalkfels steigt oft mit zahlreichen, wunderbar geformten Zacken und Hörnern in die Höhe hinauf, während der Sandstein, in mächtigen Blöcken mauerartig über einander gelagert, mehr eine ebene Oberfläche darbietet, nur durchfurcht von zahlreichen Einschnitten der Bäche und der Flüsse. Das atmosphärische Wasser dringt ein in jene Risse und Spalten und bewirkt schon durch sein eigenes Gewicht, indem es je nach den Umständen einen mehr oder weniger starken Seitendruck ausübt, die Erweiterung jener Spalten und das allmälige Auseinanderfallen der Gesteine, eine Wirkung, welche noch dadurch bedeutend beschleunigt wird, daß das Wasser durch die Kälte des Winters gefriert und durch die hierbei stattfindende Ausdehnung die Felsen gewaltsam auseinander reißt, indem die Gebirge bei dem Schmelzen des Eises ihre Stützpunkte verlieren und mächtige Blöcke von der Hauptmasse des Felsens sich ablösen, welche am Fuße desselben theils von der Gewalt der an ihnen sich brechenden Wogen des Meeres oder der Flüsse, theils durch die schon angedeuteten Ursachen in immer kleinere Stücke sich theilen, bis sie endlich, zu feinem Sand und Gerölle zermalmt, von den Strömungen des Wassers von dem Orte, wo sie als eine zusammenhängende Masse gebildet oder aus dem Innern des Erdballs hervor-

gestoßen wurden, fortgeführt und in größerer oder geringerer Entfernung als secundäre Lager wieder abgesetzt werden. So werden auch durch Gletscher und Eisfelder, wenn diese im Frühjahre sich lösen und fortschieben, in die Thäler hinein oder in das Meer sich hineinstürzen, große Massen von kleineren und größeren Felsstücken losgerissen und von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entfernt. — Auch die Kraft des unterirdischen Feuers mag oftmals, und zwar in früheren Perioden der Erdgeschichte häufiger als jetzt, zur mechanischen Zertrümmerung der Gesteine Anlaß gegeben haben, durch gewaltige Erderschütterungen mögen einst ganze Gebirgsmassen zersplittert und die Trümmer derselben über große Flächen hin verbreitet worden sein, wie solches in kleinerem Maßstabe noch jetzt zuweilen vor unseren Augen stattfindet. Selbst die organische Welt hat Antheil an der fortwährenden Zerstörung der Gesteine, die Wurzeln der Pflanzen dringen in die engsten Risse und Spalten ein und erweitern diese, indem sie selbst durch die Kraft der Vegetation an Länge und Umfang zunehmen, bis endlich die Klüfte sich so sehr vergrößern, daß mächtige Steinmassen ihren Halt- und Schwerpunkt verlieren und in die Thäler hinabstürzen. Durch die so eben mitgetheilten Ursachen erleiden die festen wie die loseren Gesteine fortwährend eine mechanische Zertrümmerung, Thon-, Sand- und Kalkerde werden fortgespült vom Wasser und an anderen geeigneten Punkten, mit einander vermischt und verunreinigt durch mancherlei andere Mineralstoffe, als secundäre und tertiäre Schichten wiederum abgeliefert; der harte Quarz und Feldspath und andere die krystallinischen Gebirge zusammensetzende Mineralien werden nach ihrer Zertrümmerung die Veranlassung zu neuen mächtigen Conglomerat-, Breccien- und Sandsteinbildungen.

Wichtiger noch als die mechanischen Kräfte wirkt die chemische Thätigkeit des Wassers, der Luft und des Feuers auf die Zerstörung, die Verwitterung fast aller auf der Erdoberfläche auftretenden Gesteine und Felsen ein. Durch die kräftigsten chemischen Agentien, wie Säuren und Alkalien, sind wir im Stande, leicht und schnell alle in der Natur vorkommende Mineralverbindungen zu zersetzen. Was in unseren Laboratorien durch energische Mittel in wenigen Augenblicken, aber in einem Maßstabe ausgeführt wird, das geht in der Natur im Großen vor sich unter dem Einflusse des schwächsten aller Auflösungsmittel, der schwächsten aller Säuren und Basen, nämlich des Wassers und zuweilen auch der Kohlensäure, in langen Zeiträumen, aber dennoch fortwährend in jedem Zeitmomente. Das Wasser nämlich hat das Bestreben, mit festen Mineralstoffen oder Salzen sich zu sättigen; durch seine stetige Einwirkung auf diejenigen Mineralien, aus welchen durch Umgruppirung der Atome ihrer Bestandtheile auflösliche Verbindungen sich abscheiden können, unter gleichzeitigem Einflusse des Temperaturwechsels der äußeren Atmosphäre und vielleicht auch elektro-magnetischer Strömungen, wird nach und nach die Zerstörung oder Verwitterung der Gesteine bewirkt, das Zerfallen derselben in neue in Wasser auflösliche und mittelst desselben entfernbare und in unlösliche Verbindungen, welche als solche entweder an dem Orte ihres Ursprunges zurückbleiben oder mechanisch in dem Wasser aufgeschwemmt, oft weit fortgeführt und an andern Orten als secundäre Lager wiederum abgesetzt werden. Unter den Bestandtheilen des Granits, einer über einen großen Theil der Erdoberfläche verbreiteten Gebirgsart, ist vorzugsweise der Feldspath, welcher die Fähigkeit besitzt, in einfachere auflösliche und unlösliche Verbindungen zu zerfallen; der Glimmer, obgleich aus denselben Bestandtheilen bestehend, enthält jedoch zu viele erdige Stoffe, als daß das

Wasser in Folge seiner Anziehungskraft zu den auflöslichen Alkalien mit gleicher Leichtigkeit zersetzend einwirken könnte, er verwittert deshalb weit langsamer, um so mehr, je weniger Kali er enthält, oft, wie es scheint, gar nicht; und der Quarz ist natürlich, als einfaches Oxyd des Kiesels, nicht fähig in einfachere Verbindungen sich zu zerlegen. Das in Wasser unlösliche Product der Feldspathverwitterung ist der Thon, welcher in seiner reinsten Abänderung als Kaolin oder Porzellanerde aus $\dddot{A}t^3\dddot{S}i^4 + 6\dot{H}$ besteht; es ist daher aus dem Feldspath eine in Wasser auflösliche Verbindung von Kieselsäure und Kali $= \dot{K}a^3\dddot{S}i^8$ entfernt worden, denn $3\,(\dot{K}a\dddot{S}i + \dddot{A}t\dddot{S}i^3) = \dddot{A}t^3\dddot{S}i^4 + \dot{K}a^3\dddot{S}i^8$. Die ganze ungeheure Quantität aller Thon- und Lehmablagerungen, wie nicht weniger aller festen Thonsteine und Thonschiefer ist ursprünglich auf die angeführte Art fast ausschließlich durch Verwitterung des Feldspaths, als wesentlichen Gemengtheiles fast aller krystallinischer Felsarten, namentlich des Granits und der verschiedenen Porphyre, entstanden; der anfangs reine Thon ist aber durch Aufschwemmen in Wasser durch andere Stoffe, die gleichfalls vom Wasser mechanisch fortgerissen wurden oder aus demselben allmälig chemisch sich ausschieden, verunreinigt worden und hat so Beimengungen erhalten von Kalk, Sand, Eisen, Mangan und anderen Stoffen, während gleichfalls noch ein größerer oder geringerer Theil des aus dem Feldspath herstammenden Alkalis zurückgeblieben ist. Außer dem Feldspath haben zuweilen auch noch einige andere häufig als Gemengtheile der Gebirgsarten auftretende Mineralien an der Bildung jener Thonmassen Antheil gehabt, namentlich der Augit und die Hornblende, welche vorzugsweise die Grünsteine und Melaphyre zusammensetzen helfen. Die Art der Verwitterung dieser Fossilien ist aber eine andere als bei dem Feldspath und steht in deutlicherer Verbindung mit den bekannten Aeußerungen der chemischen Anziehungskraft. Hier ist vorzugsweise der atmosphärische Sauerstoff das wirkende und zerstörende Agens, indem das Eisenoxydul, welches in jenen grünen und schwarzen Mineralien als färbender Bestandtheil in großer Quantität auftritt, durch Aufnahme von Sauerstoff in die höhere Oxydationsstufe des Eisens, in Eisenoxyd übergeht, mit dessen Bildung natürlich die ursprünglich verhandene chemische Verbindung aufgehoben wird und das Gestein selbst in ein loses und lockeres, vom Wasser leicht fortzuführendes Gemenge verschiedener Zersetzungsproducte zerfallen muß. Die angeführten Mineralien enthalten nicht, wie der Feldspath, Alkali und es können daher nicht durch Umlegung der Atome ihrer Bestandtheile in Wasser auflösliche Verbindungen ausgeschieden werden; es erzeugt sich hier nur ein in Wasser unlösliches erdiges Pulver, aus welchem die kohlensäurehaltigen atmosphärischen Wasser nur Kalkerde, Magnesia und zum Theil auch Eisenoxydul auszuziehen vermögen und ein unreines thoniges Gebilde zurücklassen. Die kohlensäurehaltigen Wasser wirken, vermöge ihrer Anziehungskraft zu den angeführten basischen Erden, auch unmittelbar auf die Verwitterung der festen, noch unzersetzten Gesteine ein, welche als wesentliche oder zufällige Bestandtheile jene Stoffe enthalten; sie höhlen die Kalksteine besonders aus und sind oft die Ursache der in denselben so häufig auftretenden großen unterirdischen Höhlen, seyen endlich die Gipsfelsen noch leichter vom Wasser angegriffen werden und der auflösenden Kraft desselben ausgesetzt sind.

Wie durch Luft und Wasser erleiden die Gesteine auch durch die Einwirkung des Feuers oft auffallende chemische Veränderungen, entweder durch den alleini-

gen Einfluß von großer Hitze oder unter gleichzeitiger Entwicklung saurer oder alkalischer Dämpfe aus dem Innern der Erde. Der Urthonschiefer ist ganz besonders das Gestein, welches häufig eine spätere Umänderung, Metamorphosirung erlitten hat und in Folge dieser Umwandlung zu der Entstehung der im engeren Sinne des Wortes sogenannten metamorphischen Gebirgsarten die Veranlassung geworden ist. Der Thonschiefer enthält außer der vorherrschenden kieselsauren Thonerde, und abgesehen von der zufälligen Beimengung verschiedener Metalloxyde, stets noch eine größere oder geringere Quantität von freier Kieselerde und von Alkali. Durch den Einfluß des Feuers, bei Berührung mit neuen geschmolzenen, aus dem Innern der Erde hervordringenden Steinmassen, hat der Thonschiefer an vielen Orten eine Art von Schmelzung erlitten, er ist in einen zähflüssigen Zustand versetzt worden, der den Atomen gestattete, ihrer gegenseitigen chemischen Anziehungskraft zu folgen, zu neuen krystallisirten Verbindungen zusammenzutreten, ohne jedoch eine völlig bewegliche Masse zu bilden und die geschichtete Structur des ursprünglichen Thonschiefers vollständig aufzuheben; — ähnlich wie die Krystalle gewisser Mineralien zuweilen in ihrem Innern durch meist unbekannte Ursachen Umänderungen erleiden, ohne ihre äußere Form zu verlieren, so daß das ursprüngliche Mineral manchmal in zwei neue ebenfalls krystallisirte Verbindungen zerfallen ist, ohne daß die Bestandtheile in qualitativer oder quantitativer Hinsicht sich anders als früher gestaltet hätten. Auf die angeführte Weise ist bei Gegenwart einer beträchtlichen Kalimenge in dem Thonschiefer dieser in Gneis, wenn weniger Kali und Natron vorhanden war, in Glimmerschiefer, bei dem vorherrschenden Auftreten von Talkerde in Talk- oder Chloritschiefer verwandelt worden, während die Metalloxyde, namentlich Eisen- und Manganoxydul mit etwas Kalk-, Talk- und Chlorerde zu neuen kieselsauren Verbindungen, ganz besonders zu schön krystallisirten Granaten zusammentraten, deren Vorkommen in diesen metamorphischen Gesteinen beinahe charakteristisch für dieselben ist. Fehlt das Alkali gänzlich in dem Thonschiefer und enthält derselbe statt dessen vielleicht große Mengen von Kalk-, Talkerde und Eisenoxydul, so beobachtet man zuweilen eine Umwandlung und einen Uebergang in Hornblendeschiefer. In eben diese Classe von Gesteinsumwandlungen gehört die Bildung des Quarzfelsens aus dem Quarzsande und namentlich die Bildung des Marmors aus dem dichten kohlensauren Kalke; der als Gebirgsart vorkommende Marmor ist sehr verschiedenen Alters, er kann ein Gebilde der ältesten Periode der Erdgeschichte, der sogenannten Ur- und Uebergangszeit sein, oder er gehört einer weit späteren, sogar der Tertiärperiode an, wie dies bei dem weltberühmten weißen Marmor von Carrara in der That der Fall ist. Oft sind bei der Entstehung des Marmors die in dem ursprünglichen Kalksteine vorhandenen Beimengungen und Verunreinigungen in neuen krystallisirten Verbindungen zusammengetreten; die Magnesia, Thonerde und Kieselerde findet man nach der Umwandlung z. B. in der Form von Tremolith und Granaten ausgeschieden*). — Die zweite Classe der metamorphischen Erscheinungen tritt dann ein, wenn außer der Hitze die Sublimation eigenthümlicher Stoffe aus dem Innern der Erde beobachtet wird. Hierher gehören ebenfalls viel-

*) Wie im Pentamerus-Kalkstein in der Nähe von Jellebeck, nahe bei Drammen in Norwegen. Vergl. überhaupt über die Metamorphose der Gesteine die Abhandlung von Forchammer im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXVI. S. 403—412.

fache Bildungen von Gneis und Glimmerschiefer aus dem Thonschiefer, welche auf die Weise entstanden, daß mit dem Hervortreten feurig-flüssiger Granitmassen auch Kalidämpfe sich entwickelten, und wahrscheinlich um so mehr, je höher die Temperatur jener geschmolzenen Gesteine war; das Kali drang in die durch Hitze erweichten Schiefer ein, diese wurden gleichsam durch das Kali cementirt, dem Granite zunächst in Gneis verwandelt, während weiter entfernt dieser in Glimmerschiefer überging, sodann Kieselschiefer und lydischer Stein durch innigere Verbindung der mechanisch beigemengten Kieselerde mit den übrigen Bestandtheilen des ursprünglichen Gesteins sich bildete und endlich der Thonschiefer in Structur und Zusammensetzung unverändert blieb. Diese Umwandlungen und allmäligen Uebergänge sind an vielen Punkten der Erdoberfläche genau zu verfolgen, als Beweis der Richtigkeit der hier aufgestellten Theorie. Die Sublimation des Kali's und die in Folge derselben eintretende Metamorphose der geschichteten neptunischen Gesteine scheint vorzugsweise oder allein bei dem Hervorbrechen der sehr feldspathhaltigen Bildungen des Granites und vielleicht auch des rothen Porphyrs stattgefunden zu haben, während das Auftreten der schwarzen eisenhaltigen Felsarten, der Grünsteine und des Melaphyrs selten oder niemals von Entwicklung alkalischer Dämpfe begleitet war, wahrscheinlich weil die überhaupt in geringerer Quantität vorhandenen Alkalien einer nicht so hohen Temperatur ausgesetzt waren, indem der Schmelzpunkt der ganzen Gesteinsmasse wegen Gegenwart des kieselsauren Eisenoxyduls niedriger lag als der des Granites. Wohl aber scheinen andere Stoffe hier luftförmig aufgetreten zu sein und zur Umwandlung der Nebengesteine beigetragen zu haben; so beobachtet man zuweilen, wo Grünsteine mit Schiefern in Berührung treten, an der Grenze zwischen beiden, das Vorkommen einer großen Menge von Turmalin, nach beiden Seiten hin allmälig immer seltener werdend, welche Erscheinung in der Annahme ihre Erklärung findet, daß hier eine Cementation durch Borsäure stattfand. Ferner bemerkt man zuweilen mit dem Hervorbrechen des Melaphyrs die Umwandlung des in der Nähe abgelagerten Kalksteins in Dolomit und einen allmäligen Uebergang des letzteren Gesteins in das erstere und glaubt auch in diesem Falle das Eindringen von dampfförmiger Talkerde in die Schichten des Kalksteins annehmen zu müssen, obgleich chemische Gründe gegen diese Sublimation von Talkerde zu sprechen scheinen, weil dieselbe selbst durch die intensivste künstlich hervorgebrachte Hitze nicht in den dampfförmigen Zustand überzuführen ist. Mit dem Hervortreten der Melaphyre ist fast allenthalben das Vorkommen von Metallerzen zu beobachten, namentlich auf sogenannten Gängen, als Ausfüllungen der Spalten und Risse in den mit jenem Gesteine in Berührung befindlichen Schichten, und auch hier bleibt keine andere Annahme übrig, als daß jene Metalle oder Metallverbindungen in Dampfform aus der Tiefe des Erdinnern heraus der Oberfläche der Erde sich genähert haben. Schließlich erwähnen wir hier noch daß auch viele der mächtigen Gipsmassen, welche wir an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche anstehend vorfinden, auf die Weise entstanden sind, daß der schon fertig gebildete Kalkstein oder der kohlensaure Kalk durch das Hervordringen von schwefelsäurehaltigen Wasserdämpfen eine Umwandlung in Gips erlitten hat, eine Erscheinung, welche noch gegenwärtig in der Nähe der thätigen Vulcane oft beobachtet wird, wo außerdem noch mannigfache Umwandlungen des mit dem unterirdischen Feuer in Berührung tretenden Gesteines wahrgenommen werden, welche uns über die Bildung und Metamorphosirung älterer Gebirgsmassen Aufschluß

geben und die wir in dem Artikel Vulcan einer näheren Betrachtung zu würdigen haben.

C. Allgemeine Betrachtungen über das Alter der Gebirgsarten.

Man bemerkt an vielen Orten der Erdoberfläche, wo ein tiefes Flußbett oder ein großer Steinbruch die Gesteine bloßgelegt hat, und namentlich, wenn man zur Gewinnung nutzbarer Erze Hunderte und Tausende von Fußen tief in das Innere der Erde hineindringt, eine große Menge von auf einander folgenden Schichten, die alle vermöge ihrer Gesteinsbildung und Uebereinanderlagerung vom Wasser abgesetzt worden sein müssen, und zwar zu verschiedenen Zeiten, die oberen in neuerer, die unteren in früherer, von der jetzigen immer weiter zurückweichender Zeit. Die große Anzahl dieser neptunischen, auf nassem Wege entstandenen Gesteinsschichten macht es wünschenswerth, ja nothwendig für eine klare Einsicht in die allmälige Entwicklung und Ausbildung unseres Erdkörpers, dieselben nach gewissen Grundsätzen in Classen und Unterabtheilungen zu bringen, sie so zu charakterisiren, daß wir die einzelnen dieser Ablagerungen wieder zu erkennen vermögen, wo sie auch nicht in der deutlichen Aufeinanderfolge vorkommen, wie wir sie an einzelnen Orten wahrnehmen, wo verschiedene Mittelglieder fehlen oder wo die unteren Gesteinsschichten dem Auge des Beobachters verborgen, unzugänglich sind. Man hat deshalb die ganze Masse der geschichteten Gebirge zunächst in große Abtheilungen gebracht, welche man Gebirgsformationen nennt, und die Zeit, während welcher eine solche Formation sich bildete, auf dem Boden des Meeres sich ablagerte, mit dem Namen einer Periode der Entwicklungsgeschichte der Erde bezeichnet. Eine Gebirgsformation ist also eine Reihenfolge von Gesteinsschichten, welche unter gewissen ähnlichen allgemeinen Verhältnissen sich gebildet haben und innerhalb bestimmter Grenzen von gleichem relativen Alter sind. Man darf jedoch die Formationen nicht als scharf charakterisirbare, deutlich von einander getrennte Perioden der Erdgeschichte betrachten; sie dienen nur in ihren allgemeinen Umrissen zur Erleichterung der Uebersicht bei dem Studium der Geologie; man darf nie vergessen, daß es in der Natur nirgends schroffe Gegensätze giebt, daß die Sagen von allgemeinen, gleichzeitig die ganze Erde umfassenden, Revolutionen und Ueberschwemmungen in den Bereich der Mythe gehören, und wir müssen uns mit Alex. v. Humboldt *) der Wahrheit erinnern, daß eine einzige Formation zuweilen mehrere andere vertreten könne.

Um einer bestimmten Schicht ihre Stelle in einer Formation anzuweisen, müssen wir nach dreierlei Richtungen hin unsere Aufmerksamkeit wenden, einmal auf die mineralogische Beschaffenheit, ferner auf die Lagerungsverhältnisse und endlich auf die Versteinerungen oder Petrefacten, welche in denselben vorkommen.

Die mineralogischen Charaktere sind zur Bestimmung des Alters eines geschichteten Gesteins durchaus nicht ausreichend, sie sind um so unzuverlässiger, je jünger das Gestein selbst ist und je späteren Ursprung es hat. Die ganze große Anzahl der Gebirgsschichten oder der neptunischen Gesteine ist in mineralogischer Hinsicht nur dreierlei Art, nämlich es sind Sand-, Kalk- oder Thonsteine (Thonschiefer, Thonlager); diese wechseln fortwährend mit einander ab, in älteren

*) A. v. Humboldt, Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften. 1823. S. 15.

Formationen, wie in jüngeren oder umgekehrt, sie gehen in einander über und sind mit einander gemengt. Die Gesteinsbildung ist natürlich niemals gleichförmig auf der ganzen Erdoberfläche vor sich gegangen, auf der einen Stelle haben sich Sandsteine, auf der andern Kalksteine oder Thonschiefer abgesetzt, je nachdem diese oder jene Stoffe in dem Meere aufgeschwemmt vorhanden waren und dasselbe in einem aufgeregteren oder ruhigeren Zustande sich befand. Wenn auch zuweilen dasselbe Gestein in einer bestimmten Periode der Erdentwicklung sich bildete, so sind doch oft die Charaktere desselben und das äußere Aussehen sehr verschieden: die Farbe verändert sich durch zufällige und locale Beimengungen von verschiedenen Metalloxyden, die Textur geht aus dem Erdigen ins Dichte und selbst Krystallinisch-körnige über, Beimengungen von anderen Substanzen treten in größerer Menge auf und verändern wesentlich die ursprüngliche Beschaffenheit des Gesteins. Die jüngeren vom Wasser abgelagerten Schichten bestehen meistens aus mehr erdigen und lockeren, leichter aus einander fallenden Massen, als dies bei den älteren der Fall ist; jedoch bieten sich auch von dieser Regel gar viele Ausnahmen in der Natur dar. Trotz dieser Unsicherheit, welche die mineralogische Beschaffenheit für die Altersbestimmung der Gebirgsarten darbietet, darf jedoch dieselbe keineswegs vernachlässigt werden, denn es lassen sich dessenungeachtet nicht selten, namentlich bei den älteren Gesteinen, wenn man dieselben nicht an einzelnen Punkten, sondern in ihrer größeren allgemeineren Verbreitung betrachtet, gewisse allgemeine Charaktere aufstellen, welche man in den specielleren Handbüchern der Geognosie ausführlich beschrieben findet; nur muß man denselben keine zu große Bedeutung zuschreiben, wie es allerdings früher geschah, als die Wissenschaft der Entstehungsgeschichte der Erde noch in ihrer Kindheit sich befand.

Die Beobachtung der Lagerungsverhältnisse ist zur genauen Bestimmung der Stellung einer Gebirgsformation von der höchsten Wichtigkeit. Die Gesteinsschichten sind alle ursprünglich in mehr oder weniger horizontaler Lage vom Wasser abgesetzt worden; wo diese gleichförmige Lagerung sich bis jetzt erhalten hat, kann man mit Sicherheit annehmen, daß die zu unterst liegenden Schichten die älteren, die oberen die jüngeren sind. Jedoch die horizontale Lagerung der Schichten ist selten genau bewahrt worden, in der Regel weichen dieselben von dieser Richtung ab und die Schichten sind unter einem kleineren oder größeren Winkel gegen den Horizont geneigt; es haben nämlich später Erderschütterungen, Hebungen oder Senkungen der bereits abgesetzten und schon fertig gebildeten Gesteine stattgefunden, wodurch jene horizontale Schichtenlagerung gestört worden ist. Die unteren Ablagerungen haben oft eine ganz andere Neigung als die oberen, die letzteren sind dann ungleichförmig den ersteren aufgelagert; auch in diesem Falle sind in der Regel die oberen Schichten jüngeren Ursprungs als die unteren, wenn nicht förmliche Ueberstürzungen sich ereignet haben, so daß die älteren Schichten über die jüngeren hingewälzt worden sind. Auch die Störungen selbst in der Schichtenlagerung geben uns Anhaltepunkte für die Altersbestimmung, denn diese treten manchmal mit gleicher Richtung, Neigung und von denselben Nebenerscheinungen begleitet an sehr entfernten Orten in denselben Gebilden auf. Die Art und Weise der Lagerung liefert uns oft die einzige Möglichkeit, das relative Alter einer Schicht einigermaßen mit Genauigkeit festzustellen; nicht selten jedoch werden auch die Lagerungsverhältnisse selbst unklar, wenn mehrfache Hebungen und Verwerfungen die Schichten zu verschiedenen Zeiten zerrissen haben, wenn zwei Bildungen an

dem einen Orte sich berühren, die an einem andern durch mächtige Gesteinsmassen von einander getrennt sind, und endlich wenn keine natürlichen oder künstlichen Profile vorhanden sind, welche die innere Structur des Gebirges aufschließen oder doch wenigstens auf kurze Strecken unserem Auge zugänglich machen. In diesen Fällen werden kaum die Lagerungsverhältnisse, selbst in Verbindung mit der mineralogischen Beschaffenheit, uns in den Stand setzen, mit Sicherheit über das Alter des betreffenden Gesteins zu entscheiden, wenn nicht zu gleicher Zeit

Versteinerungen oder deutlich erkennbare Ueberreste urweltlicher Organismen auftreten, welche durch ihre Uebereinstimmung mit anderen, die wir in schon bekannten Gesteinen gefunden haben, den Weg uns bahnen zu einer richtigen Auffassung aller Verhältnisse. Erst seitdem man in neuester Zeit den Petrefacten eine größere Aufmerksamkeit zugewendet und ihre Bedeutung für die Geognosie erkannt hat, hat diese Wissenschaft so unaufhaltsam rasche Fortschritte machen können und ist es möglich geworden, die Bildung der verschiedenen Formationen von dem Urzustande der Erde an bis auf die gegenwärtige Zeit herab zu verfolgen; dennoch muß auch hier mit Vorsicht verfahren werden und keineswegs darf man glauben, aus einzelnen wenigen Versteinerungen auch stets schon die Stellung eines jeden Gliedes in der großen Kette der Formationen bestimmen zu können; auch hier müssen erst umfassende und vielseitige Forschungen angestellt werden, damit in jeder Hinsicht die Sicherheit der Resultate verbürgt werden könne. Zuweilen fehlen in der Gesteinsbildung einer bestimmten Formation gerade die für dieselben charakteristischen Versteinerungen entweder gänzlich oder kommen nur theilweise vor oder sind durch andere weniger charakteristische ersetzt. Die Zustände der Erdoberfläche können niemals überall dieselben gewesen sein, in der Tiefe des Meeres müssen andere Organismen erzeugt worden sein, als in dem flachen Küstenwasser ihre Existenz fristen konnten; der Gehalt des Wassers an auflöslichen Salzen muß, wie jetzt, auch in früheren Zeiten ein verschiedener gewesen sein an den verschiedenen Punkten der Erde, ein kalkhaltiges Wasser ernährt andere Thiere und Pflanzen, als ein kieselhaltiges, in dem klaren hellen Wasser mit sandigem Grunde können andere und eine größere Anzahl von Geschöpfen leben, als in dem schlammigen und trüben sandigen Wasser, wie es an mehreren Stellen der Erdoberfläche vorhanden ist und war. Die Uebereinstimmung der Versteinerungscharaktere ist um so größer, je weiter wir in die Geschichte der Erdentwicklung zurückgehen, und um so geringer wird dieselbe, je mehr wir uns der gegenwärtigen Zeit nähern, je mannigfaltiger überhaupt die plastischen, wie die klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche sich gestalten. Wenn auch ein einzelnes der hier angedeuteten Momente zur Altersbestimmung irgend einer Gesteinsschicht für sich allein nicht ausreicht, so wird man doch in den meisten Fällen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der übrigen Verhältnisse im Stande sein, dem Gesteine seine Stellung in der großen Reihenfolge verschiedener Formationen anzuweisen und, gestützt auf zahlreiche Beobachtungen und Untersuchungen, die neptunischen Gesteine in ihrer Aufeinanderfolge zusammenstellen, wie wir sie gleich unten in einer tabellarischen Uebersicht mittheilen wollen, ohne hier in eine nähere Charakteristik der einzelnen Gesteine oder Gesteinsgruppen einzugehen.

Ist die Bestimmung des relativen Alters der geschichteten und versteinerungführenden Gebilde oftmals schon mit großen Schwierigkeiten verbunden, so treten diese in noch höherem Grade hervor, wenn man versucht, die krystallinischen und

versteinerungsleeren Gesteine einer ähnlichen Untersuchung zu unterwerfen. Wir wollen hier nur ganz im Allgemeinen bemerken, daß, wo vielleicht Bruchstücke einer dem Alter nach bestimmbaren Gebirgsart in einer krystallinischen Masse mechanisch eingeschlossen vorkommen, diese natürlich jüngeren Ursprungs sein muß, als jene und ferner, wo man bemerkt, daß das krystallinische ein anderes geschichtetes oder massiges Gestein theilweise überdeckt, gleichsam im geschmolzenen Zustande über dasselbe hingeflossen ist oder zwischen die Schichten und in die Spalten und Risse desselben eingedrungen ist, das erstere von jüngerer Bildung sein muß, als das letztere. Die meist krystallinischen Ausfüllungen der Spalten und Klüfte der älteren geschichteten oder massigen Gebirge werden, wenn dieselben mehr oder weniger senkrecht diese durchsetzen und keine zu große Breite besitzen, im Allgemeinen Gänge genannt, und diese bieten einen Hauptanhaltepunkt dar für die ungefähre Altersbestimmung der krystallinisch-massigen Gesteine. Die Gänge kommen sowohl in den geschichteten als in den massigen Gebirgsarten vor. Das Nebengestein hat meistens mehr oder weniger deutliche Aenderungen erlitten; wenn die Gangmasse mit dem Nebengestein verschmolzen ist, also einen allmäligen Uebergang in dasselbe bildet, so spricht man von gleichzeitigen Gängen, obgleich natürlich die Bildung des Ganggesteins niemals ganz gleichzeitig, sondern immer später erfolgen mußte, als die des Nebengesteins; wo aber die angeführte Erscheinung eintritt, scheint sie zu beweisen, daß das Nebengestein bei der Bildung der Gangmasse noch nicht ganz erkaltet war und also um so leichter durch die Hitze der feurig-flüssigen Gangmasse ebenfalls in einen theilweise geschmolzenen Zustand wiederum übergehen konnte. Solche gleichzeitige Gänge kommen vorzugsweise im Granit und überhaupt in krystallinischen Gesteinen vor, während die Gänge, welche die geschichteten Gebirge durchsetzen, meist scharf getrennt sind von den Nebengesteinen und in diesem Falle ungleichzeitige Gänge genannt werden. Die von unten her in die vorhandenen Spalten eindringenden Gesteinsmassen müssen zugleich als trennende und störende Kraft auf das geschichtete Nebengestein eingewirkt und hier die Regelmäßigkeit in der Lagerung der Schichten aufgehoben, Verdrückungen und Verwerfungen hervorgebracht haben. Das gangartige Vorkommen von krystallinischen Gesteinen in ihrem Alter nach fest bestimmten geschichteten Gebirgsarten und das Verhältniß derselben zu diesen bietet uns also ein Mittel dar, das relative Alter der ersteren zu bestimmen, und wir wissen hieraus z. B., daß die Periode der Bildung des Granits nicht die der Uebergangsgebilde überschreitet, während der rothe Porphyr nicht später als im Steinkohlengebirge vorkommt, der Melaphyr in einzelnen Fällen bis in die Juragruppe sich erstreckt und die Basalte und Trachyte der neueren Zeit den tertiären Bildungen angehören.

Bei der Betrachtung der verschiedenen Perioden der Entwicklungsgeschichte der Erde gelangt man, immer weiter in das Dunkel der Vorzeit zurückdringend, zuletzt zu einer Zeit, wo, wie man annimmt, die ganze Erde im feurig-flüssigen Zustande sich befand, alle Bestandtheile der erst später allmälig erstarrenden oder aus dem Wasser sich ablagernden Gesteine eine chaotische, in Folge der damals herrschenden hohen Temperatur geschmolzene Masse bildeten. Für die Wahrscheinlichkeit eines solchen ehemaligen Zustandes der Erde vor Millionen oder Billionen von Jahren lassen sich so viele Gründe aufzählen, daß in der Gegenwart kaum noch ein unbefangener und vorurtheilsfreier Geognost als Gegner dieser Ansicht auftritt. Wenn man auf dem wenig über die Meeresfläche sich erhebenden flachen Lande ein Bohr-

loch 1000 oder 2000 Fuß tief in die Erde hinein treibt, oder wenn man in den Bergwerken, wie in den englischen Steinkohlengruben, tief unter die Oberfläche des Meeres in das Innere der Erde hineindringt, so bemerkt man, je tiefer man hinabsteigt, eine Steigerung der Temperatur, das in der Tiefe sich ansammelnde Wasser wie die umgebenden Gesteine sind wärmer als nahe der Erdoberfläche, wo schon wenige Fuß unter derselben die veränderlichen Temperaturverhältnisse der atmosphärischen Luft aufhören, sich zu äußern. Diese Temperaturzunahme beträgt, nach ziemlich übereinstimmenden Beobachtungen an artesischen Brunnen, im Durchschnitt 1° des hunderttheiligen Thermometers für 92 Fuß, um welche man senkrecht dem Mittelpunkte der Erde sich nähert. Berechnen wir hieraus die Entfernung des Punktes von der Erdoberfläche, wo bei einer Temperatur von etwa 1200° (dem mittleren Schmelzpunkte des Eisens) die auf der Erde vorhandenen krystallinischen Gesteine, z. B. der Granit, in einem feurig-flüssigen Zustande vorhanden sein müßten, so gelangen wir zu einer Tiefe von etwa fünf Meilen, bei welcher jene Temperatur herrscht und also nur geschmolzene Steinmassen zugegen sein können, so daß also die feste Rinde der Erde im senkrechten Durchschnitte nur $^1/_{178}$ des Erdhalbmessers betragen und mithin ihrer Masse nach nur einen sehr kleinen Theil des Erdganzen einnehmen würde. Wissen wir ferner aus genauen Beobachtungen und astronomischen Berechnungen, daß das mittlere specifische Gewicht des ganzen Erdkörpers = 5,44 gesetzt werden muß, während die verbreitetsten Gebirgsarten nur eine Dichtigkeit von etwa 2,5 besitzen, und unter Berücksichtigung der vorhandenen Wassermenge hinsichtlich des Oberflächentheils der Erde diese Zahl sogar auf 1,5 reducirt werden muß, so ergiebt sich hieraus, daß mit der Tiefe auch die Dichtigkeit bedeutend zunimmt, eine Thatsache, welche nur durch die Annahme einer ursprünglich in allen ihren Theilen beweglichen, d. h. flüssigen Masse ihre Erklärung finden zu können scheint. Gradmessungen, Pendelschwingungen und gewisse Störungen in der Mondbahn beweisen als unumstößliche Wahrheit, daß die Erde ein sphäroidischer Körper, eine an ihren Polen abgeplattete Kugel ist, eine Form, welche in jeder Hinsicht als unmittelbare Folge der Geschwindigkeit der Axendrehung eines bildsamen, d. h. flüssigen Körpers sich ergiebt. Die durch Feuer geschmolzenen Gesteinsmassen, welche durch die Vulcane, diese Pforten zur Unterwelt, an die Oberfläche gebracht werden, geben uns Rechenschaft von dem Zustande des Innern der Erde. Wenn wir die geschichteten, vom Wasser abgelagerten Gesteine durchdringen, das Alter derselben von den gegenwärtigen Bildungen an immer weiter zurück verfolgen, so gelangen wir stets zu krystallinisch-massigen Gebirgen, zu Gebilden, welche in ihrer jetzigen Gestalt uns den sicheren Beweis ihres Ursprunges liefern aus einer feurig-geschmolzenen Masse, und wie alle hier angedeuteten Thatsachen den einst die ganze Erde umfassenden feurig-flüssigen Zustand verrathen, uns zurückführen auf den Uranfang aller Dinge, auf die Urzeit der Erdgeschichte, die Bildung und Erzeugung der primären Gesteine. Mit der Erstarrung der Erdrinde durch allmälige Abkühlung sind auch sofort die im Vorhergehenden angeführten Processe der Verwitterung in Thätigkeit getreten, unter dem Einflusse der Atmosphäre und des Wassers und beschleunigt durch die damals herrschende hohe Temperatur; durch die Zersetzung jener primären Gesteine, namentlich des Granits, ist das Material geliefert worden zur Bildung ungeheurer Lager von Thonschiefern und Sandsteinen, während der Kalk in Wasser aufgelöst, durch heiße Quellen aus den unteren Regionen der Erdrinde allmälig an die Oberfläche

geführt und hier entweder durch Verflüchtigung der Kohlensäure und Verdampfung des Wassers ausgeschieden oder später noch im Wasser aufgelöst von Mollusken und anderen Wasserthieren verarbeitet, mit deren Absterben auf dem Boden der Gewässer als Kalksteinlager sich anhäufte. So ist nach und nach, indem fortwährend die älteren Gesteine zerstört wurden und neue sich bildeten, eine Reihe von Gebirgsformationen entstanden, von denen wir hier eine kurze tabellarische Uebersicht geben wollen, indem wir gleichzeitig die während jeder Periode vorzugsweise aus dem Innern der Erde hervorbrechenden krystallinischen Gesteine bezeichnen.

A. Primäre Bildungen.

1) Urzeit der Erde. Aelterer Granit.

Urthonschiefer . . .	Gneis. Glimmerschiefer. Talkschiefer.
Urkalk	Syenit.

B. Secundäre Bildungen.

2) Uebergangs- und Kohlengebirge.

a) Cambrisches System (Uebergangs-Thonschiefer, untere Grauwacke)	Jüngerer Granit.
b) Silurisches System (mittlere Grauwacke)	Diorit, Grünstein.
c) Devonisches System (alter rother Sandstein, Old red, obere Grauwacke)	Dolerit, Melaphyr.
Bergkalk, Kohlenkalk oder der metallführende Kalk	Rother Porphyr.
Steinkohlen-Ablagerung	Melaphyr.
Kohlen- oder Porphyrsandstein	Serpentin.

3) Zechsteingruppe.
Rothliegendes und Weißliegendes.
Kupferschiefer oder bituminöser Mergelschiefer.
Asche und Zechstein (Schlottengips).

4) Triasgruppe.
a) Vogesen- und bunter Sandstein (Gips und Steinsalz).
b) Wellenkalk und Muschelkalkstein (Gips und Steinsalz).
c) Keupersandstein (Gips).

5) Lias- und Oolithbildungen (Juraformation).
a) Liassandstein und Liasschiefer (Liasmergel).
b) Juraformation.
α) Untere Abtheilung:
Unteroolith oder Dogger.
Großoolith oder Hauptrogenstein.
Bradfordthon.
Forstmarmor (Stonesfieldschiefer).
Cornbrash-Kalkstein.
β) Mittlere Abtheilung:
Oxfordthon.
Coralrag oder Corallenkalk (oberer Jurakalk, oberer Alpenkalk, zum Theil auch der Apenninenkalk [Juradolomit]).

γ) Obere Abtheilung:
Weymouthkalk oder Aſtartenkalk.
Kimmeridgethon.
Portlandſtein.
Die ganze Abtheilung wird im ſüdlichen Deutſchland repräſentirt durch den Solenhofer Kalk oder den lithographiſchen Stein.

δ) Purbeckkalkſtein und Aſchburnhamſchichten.
Haſtingsſandſtein.
Wälderthon.

6) Grünſand- und Kreideablagerungen.
a) Grünſand oder chloritiſche Kreide:
Unterer Grünſand (z. Th. Karpathen-, Quaderſandſtein, Schankinſand).
Gault (Pläner Kalk).
Obergrünſand.
b) Kreidemergel und weiße Kreide mit Feuerſteinen.
c) Maſtricht-Kalk und Faröekalk.

7) Tertiäre und Quaternärgebilde.
a) Aeltere Tertiärformation (ältere Grobkalkformation, eocene Bildungen, Becken von Paris und London)
b) Mittlere Tertiärformation (Tegelformation, miocene Bildungen, ſubalpiniſche Bildungen; Molaſſebildungen [Nagelfluh], Moellon-Kalk, Braunkohlenformation).
} Trachyt. Phonolith. Baſalt.
c) Obere Tertiärformation (Subapenninen-Formation, Diluvial-Bildungen, pliocene Bildungen; Knochenbreccien, Knochenhöhlen und der Löß). Gruppe der Geſchiebe.
d) Alluvial- und Quaternär-Bildungen.

8) Gruppe der gegenwärtigen Bildungen. (Marſchbildungen, Sanddünen, Quellenabſätze, Hebungen der hiſtoriſchen Zeit ꝛc.) } Brennende Vulcane mit poröſen Laven und Obſidian.

D. Hebung der Gebirgsketten. Erhebungsſyſteme der Berge.

Die Lagerungsverhältniſſe der vom Waſſer abgeſetzten Geſteine zeigen ſich em Auge des Beobachters gar mannigfach und verſchiedenartig; die urſprüngliche orizontale Lage der Schichten iſt durch ſpätere Einwirkung plutoniſcher Kräfte eſtört, die Schichten ſind mehr oder weniger ſteil aufgerichtet oder geſenkt, ſie ſind uweilen gefaltet, verworfen, auseinander geriſſen und ſogar überſtürzt, ſo daß ie älteren Ablagerungen die oberen, die jüngeren die unteren ſind. Die Verältniſſe ſind in der Ebene ſowohl als an den Durchſchnitten, welche die Hügel nd Berge gewähren, bemerkbar, an den letzteren jedoch beſonders in die Augen allend, indem hier die höheren Schichten auch in der Regel am ſteilſten aufrecht ehen, während die Neigung an den Abhängen hin, am Fuße des Gebirges llmälig immer unbedeutender wird und endlich in der Ebene dieſelben Schichten,

welche dort aufrecht ſtanden, in der urſprünglichen Lage mehr oder weniger erhalten, horizontal auslaufen. Auf jene geneigten Ablagerungen ſind an dem Abhange und namentlich nahe dem Fuße der Gebirge andere Waſſergebilde abweichend und oft horizontal abgelagert, zum Beweiſe, daß dieſe letzteren nicht von der hebenden Kraft, welche die erſteren aus ihrer urſprünglichen Stellung herausgerückt hat, getroffen worden ſind und alſo zu einer Zeit abgeſetzt wurden, welche dem angeführten Hebungsphänomene erſt nachfolgte. Die Betrachtung dieſer verſchiedenen Lagerungsverhältniſſe leitet ganz natürlich zu dem Verſuche, die Entſtehung der Gebirgsketten in ihrer jetzigen plaſtiſchen Geſtaltung ihrem relativen Alter nach zu beſtimmen, die Periode der Erdgeſchichte feſtzuſtellen, während welcher ein Gebirge emporſtieg aus der Ebene des flachen Landes oder aus der Tiefe des Meeresgrundes. Die neptuniſchen Geſteine gleichen geologiſchen Alters ſind in dem einen Gebirge ſteil und hoch aufgerichtet, während ſie an dem Fuße des andern ruhig und ungeſtört in ihrer urſprünglichen horizontalen Lagerung verblieben; das letztere Bergſyſtem muß alſo ſchon in ſeiner jetzigen Form gebildet worden ſein, ehe jene Ablagerungen ſtattfanden, es muß die Hebung deſſelben einer älteren Periode der Erdgeſchichte angehören, als die Bildung jener Geſteine. Oftmals durchkreuzen ſich in einem und demſelben Gebirge verſchiedene Hebungsſyſteme, die Schichtungsverhältniſſe werden dann unklar und ſo ſchwierig zu entziffern, daß jahrelange und ſorgfältige Beobachtung derſelben nöthig iſt, um mit einiger Sicherheit das relative Alter dieſes Gebirges aufzufinden. Schon vor langer Zeit, im Jahre 1667, wurde von Steno in Italien die Vermuthung ausgeſprochen, daß die Berge durch Hebungen aus dem Erdinnern emporgeſtiegen wären, aber erſt der neueſten Zeit war es vorbehalten, nachdem Alex. v. Humboldt, Leop. v. Buch, Boué, Conybeare, Studer u. A. bereits erkannt hatten, daß die Hebungen zu verſchiedenen Zeiten erfolgt ſein müßten, dieſe Zeiten ſelbſt feſtzuſtellen und die Geſetze zu erforſchen, nach welchen die Hebungen ſtattgefunden zu haben ſcheinen. Elie de Beaumont*) verdanken wir die wichtigſten Aufklärungen über dieſe Verhältniſſe und die allgemeinere Beleuchtung der Thatſache, daß die Hebungen mit den Abtheilungen der Schichten durch ungleichförmige Lagerung zuſammenfallen. Aus vielfachen Beobachtungen, welche einen großen Theil Europa's umfaſſen, zog derſelbe Forſcher den Schluß, daß gleichzeitig gehobene Gebirgsketten eine parallele Richtung haben, ein Geſetz, deſſen Gültigkeit ſich, mit wenigen Ausnahmen, ſoweit die bisherigen Beobachtungen reichen, auf der ganzen Erdoberfläche beſtätigt findet und in einer Urſache begründet zu ſein ſcheint, ähnlich derjenigen, welche in unendlich kleinerem Maßſtabe noch jetzt bei Erdbeben die nicht ſeltene Entſtehen paralleler Spalten bewirkt, Hebungen kleiner paralleler Hügelketten, oder, wie auf Lancerote, das aufeinander folgende Hervordringen flüſſiger Lavamaſſe aus ſich öffnenden und wiederum ſchließenden, unter ſich parallelen Geſteinsklüften, in Beziehung ſtehend zu der allmälig in einer beſtimmten Richtung fortſchreitenden Bewegung des vulcaniſchen Feuers ſelbſt. Elie de Beaumont ſtellte zuerſt 4 große Hebungsſyſteme, ſodann 6 und endlich 12 auf, welche

*) Ueber das relative Alter der Gebirgszüge, von Elie de Beaumont, Annales des sciences naturelles, T. XVIII. p. 5 u. 284; u. tom. XIX. p. 5 u. 177. Ferner s. Pogg. Ann. der Phyſ. und Chem. Bd. XVIII. S. 19 und ebendaſ. S. 25. — Vgl. auch De la Beche, Handbuch der Geognoſie, bearbeitet von H. v. Dechen, S. 38—53.

zugleich ebenso viele Revolutionen der Erdrinde bezeichnen und deren Zahl bei genauerer Erforschung aller Verhältnisse sich wahrscheinlich noch vergrößern wird. Die Reihenfolge dieser Systeme, von den älteren zu den neueren fortgehend, ist die folgende:

1) Erhebungen vor der Absetzung der Steinkohlengebilde. — System des Hundsrücks und von Westmoreland. Die Thonschieferschichten in dem Seegebirge von Westmoreland streichen von Nordost 1/4 Ost gegen Südwest 1/4 West und werden abweichend überlagert von dem Kohlenkalkstein und dem Old red der Engländer; sie sind also vor der Bildung des letztern in ihre beinahe senkrechte Stellung gebracht worden; nach Elie de Beaumont ist diese älteste Hebung selbst noch vor der Bildung des Uebergangskalksteins geschehen. Der angeführten Richtung parallel und von denselben Gesteinen überlagert erstreckt sich das Südschottische Grauwackengebirge von Mull of Galloway nach St. Abbshead; ebenso die Gebirge auf den Inseln Man und Anglesea, wie die Schiefergebirge von Nord-Wales und Cornwall. Dieselbe Richtung von Südwest gegen Nordost ist in dem Hundsrück in seiner Erstreckung von Metloch an der Saar bis nach Bingen am Rhein, bei einem sehr steilen Fallen am südlichen Abhange ausgedrückt, und hier ebenfalls an manchen Orten das Kohlengebirge abweichend den Thonschieferschichten aufgelagert. Die Hebung des Kohlengebirges selbst in derselben Richtung gehört einer späteren Periode der Erdgeschichte an und beweist, daß, wenn auch gleichzeitige Gebirgshebungen parallel sind, doch keineswegs umgekehrt parallel streichende Gebirgszüge immer von gleichem Alter sind. Zu diesen älteren Hebungen gehören ferner noch die Thonschiefer in dem nördlichen und mittleren Theile der Vogesen und dieselbe Richtung bemerkt man auch ausgedrückt in dem ganzen östlichen Theile des rheinischen Grauwackengebirges, in der Eifel, der hohen Veen, an der Lahn, im südlichen Theile des Thüringer Waldes, im Fichtelgebirge und Vogtlande und in dem mittleren Theile von Böhmen, in der Nähe von Prag.

Erhebungen vor der Absetzung der jüngsten Uebergangsschichten. — System der Belchen (Vogesen) und der Bocage (Calvados). Diese Hebungen scheinen die allerältesten zu sein, denn die in Podolien, in der Umgebung von Petersburg und namentlich in Schweden weitverbreiteten Kalksteine mit Orthoceratiten und Trilobiten sind nur wenig von der horizontalen Schichtenlage abgewichen und scheinen erst abgesetzt zu sein, als die älteren, in Schweden z. B. die Gneisgebirge, schon ihre jetzige plastische Gestaltung erhalten hatten. Hierher gehört auch das Schiefergebirge von Wales, die Hügel der Bocage, der südöstliche Theil der Vogesen oder die Belchen vom Elsaß und Comté, wo allenthalben die jüngsten Uebergangsschichten abweichend auf den älteren aufliegern. Die Richtung dieser Bergsysteme ist wenig abweichend von der von Ost gegen West, bis 15° gegen Süd und Nord. Ein ganz ähnliches Verhalten zeigt das Schiefergebirge von Süd-Irland, die Grauwacke von Devonshire und Sommersetshire. Auch die Schiefer- und Grauwackenschichten des Harzes sind offenbar vor der Bildung des Kohlengebirges gehoben worden, denn das letztere liegt bei Ilefeld und Oppenrode abweichend auf den ersteren; dennoch scheint aber die Richtung der Schichten keineswegs allgemein von Ost nach West in diesem Gebirge zu sein, an mehreren Punkten ist das Streichen gegen Nordost, wie das erste System; die

Richtung des Gebirgszuges weicht aber gänzlich davon ab und ist sehr bestimmt von Ostsüdost gegen Westnordwest.

3) Erhebungen unmittelbar vor Absetzung des Todtliegenden. — System von Nordengland. Das Kohlengebirge Nordenglands von dem Trentfluße in Derbyshire an bis zur schottischen Grenze ist in der Richtung von Süd nach Nord (etwas nach Nordnordwest abweichend) gehoben; an mehreren Punkten bemerkt man die abweichende Auflagerung des Rothliegenden. Die kleine Kette der Malvern an der östlichen Grenze des Walesergebirges gehört demselben Systeme an und ein großer Theil der Gänge von Cornwall, unter dem Namen von Cross Courses, beweisen durch ungleiches Streichen von Süd nach Nord ihre Entstehung während dieser Periode, wie auch die Störungen an der westlichen Küste des Departements La Manche von demselben Alter sein mögen. Dieses ganze System ist nicht, wie die beiden vorhergehenden, durch eine steile Aufrichtung der Schichten charakterisirt, sondern mehr durch Sattellinien, Mulden und ganz besonders durch bedeutende Verwerfungen.

4) Erhebungen, älter als der bunte Sandstein. — System der Niederlande und von Süd-Wales. Dieses System hat zuerst eine mit dem zuerst angeführten des Hundsrück und Taunus parallele Richtung in dem Kohlengebirge von Namur an der Maas an gegen Nordost bis Eschweiler und auf dem rechten Rheinufer von Mülheim an der Ruhr bis Unna. Westlich der Maas ändert sich diese südwestliche Richtung über West gegen Nord um, bezeichnet durch die Porphyre von Quenast und Lessines, welche Richtung ebenfalls in der gleichzeitigen Hebung des großen Kohlengebirges von Süd-Wales bis nach St. Brides Bay deutlich ausgedrückt ist. Dieses System bietet also ein auffallendes Beispiel dar von einer gleichzeitigen Hebung nach zwei verschiedenen (wenigstens um einen Winkel von 40° bis 50° von einander abweichenden) Richtungen, wobei ein Theil der neueren Hebung einem älteren gefolgt ist. Den Zechstein findet man an vielen Orten abweichend aufgelagert, wodurch die Zeit dieser Hebung wenigstens vor der Ablagerung dieser Formation festgestellt ist; von der unmittelbaren Auflagerung des Rothliegenden kennt man nur undeutliche Beispiele, weswegen man hinsichtlich des letzteren noch in Ungewißheit bleibt. Das Kohlengebirge von Lüttich, Mons, Anzin ist durch seine senkrechte Schichtenstellung und selbst durch meilenweit zu verfolgende förmliche Ueberstürzungen, welche durch diese Hebung veranlaßt wurden, schon längst bekannt.

5) Erhebungen vor der Absetzung des bunten Sandsteins, des Muschelkalks und des Keupers im Elsaß. — System des Rheines; von Basel bis Mainz in den Vogesen und dem Schwarzwald bemerkt man an den steilen Abhängen gegen den Rhein hin viele Verwerfungen, welche dieser Periode angehören; die aufgerichteten Schichten streichen in der Richtung zwischen der von Süd gegen Nord und der zwischen Südost und Nordwest, der letzteren mehr angenähert. Der Einsturz des Rheinthals gehört der Zeit zwischen der Bildung des Vogesensandsteins und des bunten Sandsteins an. Derselben Richtung entspricht die Sattellinie, welche sich im bunten Sandstein in den Wesergegenden von Cassel bis Bodenwerder erstreckt.

6) Erhebungen zwischen der Absetzung des bunten Sandsteins, des Muschelkalkes und des Keupers und der Absetzung der Juraformation. — System des

Böhmer- und thüringer Waldes. In Frankreich spricht diese Hebung sich aus an der südwestlichen Küste der Bretagne, in der Vendee und in den Granit- und Porphyrgebirgen des Morvan bei Avallon, wo allenthalben am Fuße der Abhänge der Lias fast horizontal und abweichend gelagert sich vorfindet, während der Keupersandstein, wo er vorkommt, noch von der Hebung getroffen worden ist. Die Richtung dieses Systems von Nordwest gegen Südost ist sehr abweichend von allen vorhergehenden. Alle Ketten zwischen dem thüringer Walde und dem Harze haben dieselbe Richtung, jedoch läßt sich hier nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die Hebung jüngere Gebirge, als den Muschelkalk umfaßt.

Die drei zuletzt angeführten Systeme sind für Deutschland besonders wichtig: das Niederländische für den nordwestlichen, das Rheinische für den südwestlichen und das 6. für den östlichen Theil *).

7) Erhebungen zwischen der Absetzung der Juraformation und der Absetzung der Kreide und der Grönsande. — System des Erzgebirges, der Côte d'Or und des Pilatusberges. Es umfaßt die angeführten Berge im südlichen Frankreich und erstreckt sich in der Richtung von Südwest gegen Nordost durch die Cevennen und einen Theil des Jura bis an den Rhein, um nach einer beträchtlichen Unterbrechung im Erzgebirge wieder aufzutreten. Die Richtung weicht wenig und oft gar nicht von der des ersten Systemes ab. Wo Kreide oder Grönsande an dem Fuße dieser Hebungen auftreten, liegen sie ganz horizontal oder sind

---

*) Leop. v. Buch: Ueber den Dolimit, 2. Abhandlung, gelesen in der Acad. der Wissensch. zu Berlin, den 6. Febr. 1823; und: Geognost. Briefe über d. südl. Tyrol 1824, S. 265. — L. v. Buch theilt schon vor Elie de Beaumont Deutschland in 4 besondere östlich von einander geschiedene Systeme:

I. Im nordöstlichen Theil ist die Richtung aller Gebirgsketten und sämmtlicher einzelner, etwas bedeutender Berge von NW. nach SO. Helgoland, die Gipsberge von Lüneburg und Segeberg ordnen sich diesem Systeme ein. Die Sandsteinkette des teutoburger Waldes beendet dasselbe im Westen; Flüsse und Haupt-Niederungen zeigen diese Richtung der Bergketten bis tief in die polnischen Flächen; das Juragebirge von Krakau bis Wilna folgt dem nämlichen Gesetze, so auch die Bergreihen, welche Dresden umgeben. Man trifft dieses Richtungsgesetz in der griechischen Kette wieder und an der albanischen und dalmatischen Küste. Es dürfte eines der ausgebreitesten der Erdfläche sein, denn es scheint sogar die Richtung der mächtigen Alpenkette zu überwinden, welche in den Bergen von Krain zu ihm übergeht.

II. Bis dahin zog die Alpenkette, soweit sie Deutschland berührt, von SW. gegen NO., und offenbar gehört auch noch die, in dieser Richtung sich fortziehende, hohe Fläche von Schwaben und Baiern bis an die Donau-Ufer, zu eben diesem Systeme. Was die Alpen erhob, hat wahrscheinlich auch diese Fläche emporgetrieben. Der weiße schroffe Damm des Jura begrenzt mit großer Bestimmtheit das Alpensystem gegen NW.

III. Der Schwarzwald, Odenwald, Spessart und gegenüber die Wasgau-Gebirge, bilden neue Reihen von S. nach N., deren Wirkung sich wieder bis an den Jura in Franken ausdehnt, nordwärts bis zum Main, westlich bis zur Fortsetzung des Jura durch Lothringen.

VI. Die Grauwacken- und Schiefergebirge der Ardennen, vom Hundsrück und der Eifel, des Westerwaldes, sodann die Sandsteinketten des teutoburger Waldes umschließen ein 4. System, welches sich über den westlichen Theil von Westphalen, die Niederlande und Holland verbreitet, in dem der Augitporphyr nicht selten durch Spalten gewirkt zu haben scheint, denn einzelne scharfe Ketten verschwinden, und kein rothes Todtliegendes läßt sich hier in der Nähe des Feldstein-Porphyrs vermuthen. Auch werden ältere Kalksteinbildungen nicht sichtbar, und nur die obersten und neuesten sind unmittelbar auf den Steinkohlen der Beobachtung dargelegt.

ganz unabhängig von diesem Systeme in ihrer Lage gestört. Die Hebung war plötzlich und von kurzer Dauer, denn alle Schichten der Juraformation sind zerrissen, verworfen und gewunden, aber ausgezeichnet ist überall der Parallelismus der einzelnen Ketten, die durch anhaltende Längenthäler getrennt sind. Diese heftige Aeußerung der plutonischen Kräfte brachte die große Veränderung in der organischen Welt hervor, welche wir mit dem Anfang der Kreidegruppe eintreten sehen. Im Erzgebirge, wo die Jurabildungen gänzlich fehlen, ist es schwierig, die Zeit dieser Hebung festzustellen und es sind sogar Andeutungen vorhanden, daß dieses Gebirge dem viel älteren in gleicher Richtung streichenden Systeme des Hundsrück angehören muß.

8) Erhebungen zwischen der Absetzung der Waldgebilde, der Grönsande und der älteren Kreide und der Absetzung der jüngeren Kreide. — System des Berges Viso. Die französischen Alpen und das südwestliche Ende des Jura zeigen von Antibes und Nizza bis Lons le Saulnier eine Reihe von Ketten und Störungen in der Richtung von Süd-Süd-Ost gegen Nord-Nord-West, in welchen die unteren Schichten der Kreide mitgehoben sind, während an einigen Punkten an dem Fuße dieser Hebungen die oberen Kreidebildungen in horizontaler ungestörter Lage sich hinziehen.

9) Erhebungen vor der Absetzung der Tertiärgebilde. — System der Pyrenäen und Apenninen. Diesem Systeme, dessen Richtung von West-Nord-West gegen Ost-Süd-Ost eine der in Europa am weitesten verbreiteten ist, gehört das ganze Gebirge der Pyrenäen an, die nördliche und einige andere Ketten der Apenninen, die Kalksteinzüge auf der Nordostseite des adriatischen Meeres, die von Morea, die südöstlichen Alpen von Laibach, Villach und Klagenfurth an, ein großer Theil der Carpathen, die Höhenzüge, welche sich am Nordabhange des Harzes vorbei durch Norddeutschland verbreiten. In diesen Gebirgen sind die Gebilde der Kreide und des Grönsandes, welche hier allenthalben auftreten, gehoben und oft bis auf den höchsten Gipfel der Berge, während die Tertiärformationen ihre ursprüngliche Lage beibehalten oder unabhängig von diesem Systeme gehoben worden sind. Ein Theil der norddeutschen Hügelketten (wie die Teufelsmauer mit ihren steil gehobenen Sandsteinschichten am Nordrande des Harzes und der Theil des teutoburger Waldes von Horn bis Halle) schließt sich in seiner Richtung an die des 6. Systemes von Süd-Ost gegen Nord-West an; er fällt nicht unmittelbar in die Verlängerung des thüringer Waldes und gehört also seiner Richtung nach zu einem andern Systeme, als nach der Zeit seiner Hebung. Die Hebungslinie dieses Systems steht mit der Verbreitung der Kreidebildungen auf der Oberfläche Europa's in genauem Zusammenhange. Eine Linie aus der Umgegend von London nach dem Ausflusse der Donau gezogen, fällt mit dieser Richtung zusammen und bezeichnet ungefähr die südliche Grenze der großen norddeutschen Niederung der alten Küste des Meeres, worin jene Bildungen sich absetzten. — Auch in anderen Welttheilen ist dieselbe Richtung in dem Streichen vieler Gebirgszüge vertreten, z. B. in den kleinen Gebirgsketten nördlich der großen Wüste Sahara und in den Bergen eines Theils der nordafricanischen Küste. Die Kette des Karmel in Syrien, ein Theil des Sinaisystemes und mehrere im rothen Meer endigende Ketten Ostägyptens entfernen sich wenig von der verlängerten Richtung, die in Morea gewöhnlich ist. In Mesopotamien, am persischen Meerbusen, in den Ketten der Gates an der Küste von Malabar, in den Alleghanys von Nordamerika

von den Ufern des Miſſiſſippi bis zum bengaliſchen Meerbuſen, beſitzt die Erdrinde eine Reihe von Unebenheiten, deren Parallelismus eine gleichzeitige Entſtehung anzuzeigen ſcheint.

10) Erhebungen während der Abſetzung der Tertiärgebilde. — System von Corſica und Sardinien. Die Richtung deſſelben iſt weſentlich von Süd gegen Nord; ſie zeigt ſich in den Hügelketten, welche die oberen Thäler des Allier und der Loire und das Rhonethal unterhalb Lyon begrenzen; ſie iſt ebenfalls ausgedrückt in mehreren kleineren Ketten der Apenninen, und in Deutſchland in dem baſaltiſchen Habichtswalde, welche Hebung jünger iſt als die angrenzenden Braunkohlengebirge. Die vulkaniſchen Maſſen der Auvergne gehören in dieſes Syſtem und wahrſcheinlich auch die Hebung des Libanons, des Urals, ein Theil der Küſte von Morea und Syrien und vielleicht auch einige Ketten des innern Africa's, welche Nubien, Abyſſinien und Congo durchziehend, im Cap der guten Hoffnung endigen.

11) Erhebungen nach der Abſetzung der jüngſten Tertiärgebilde (Muſchelmolaſſe). — System der weſtlichen Alpen. In den weſtlichen Alpen finden ſich zwei Richtungen in den Ketten und Längenthälern bezeichnet, deren mittlere von Nord-Nord-Oſt gegen Süd-Süd-Weſt ſtreicht; an den äußerſten Enden und Grenzen ſind die neueſten Bildungen der Tertiärperiode oft zu einer bedeutenden Höhe gehoben, wie die Muſchelmolaſſe am Superga bei Turin und am weſtlichen Fuße der Grande Chartreuſe bei Grenoble. Der Bau der Alpen iſt ſehr verwickelt, da hier mehrere Syſteme ſich berühren und kreuzen; in dem öſtlichen Theile der Alpen haben einzelne Ketten die Richtung des Pyrenäen- und Apenninenſyſtems, in den franzöſiſchen Alpen zeigen ſich die Wirkungen des Syſtems von Viſo. Am verwickeltſten iſt aber der Bau der Alpen in den Umgebungen des Montblanc, der gleich einem mächtigen Kegel aus einem weiten Erhebungskrater aufſteigt, wo ſich zwei neuere Hebungsſyſteme unter einem Winkel von 45° bis 50° durchkreuzen. In gleicher Richtung mit dieſem Syſteme erheben ſich die ſkandinaviſchen Alpen, die Gebirge Nordweſtafrica's und die Küſtencordilleren Braſiliens.

12) Erhebungen während der Abſetzung des Diluviums. — System der Hauptkette der Alpen von Wallis bis nach Oeſterreich. Die Zeit dieſer Hebung ſcheint zwiſchen die Bildung zweier ſehr verſchiedener Geſchiebeformationen zu fallen, welche in den Thälern der Iſère, Rhone, Saone, und Durance auftreten, und von denen die eine in großen Landſeen mag erfolgt ſein, die andere aber als das Reſultat heftiger vorübergehender Ströme oder der weiter als jetzt ſich ausdehnenden Gletſcher angeſehen werden kann. Die Richtung der Hauptalpenkette, zwiſchen der Richtung Oſt gegen Weſt und Oſt-Nord-Oſt gegen Weſt-Süd-Weſt liegend, pflanzt ſich in weſtlicher Richtung noch weit nach Frankreich, von unmittelbarem Einfluſſe auf die Geſtaltung der Oberfläche fort; ſie iſt ausgedrückt in den Ketten von St. Baume, Leheron, Ventoux. Dieſelbe Richtung findet man wieder in der Kette der Balearen, der Sierra Morena, einem großen Theile der Gebirgszüge Spaniens, weiter gegen Oſten in dem Atlas, auf der Inſel Candia, in den Gebirgen Kleinaſiens, in der Centralkette des Caucaſus, in dem Parapamiſus und endlich in dem höchſten aller Gebirge, dem Himalaya. Die Andeskette, wo noch thätige Vulkane bis in die Schneeregion hinaufſteigen, iſt vielleicht in noch ſpäterer Zeit zu ihrer jetzigen Höhe emporgehoben worden.

E. W.

Bernstein, Agtstein, Amber, Kanabé, Succinum, Electrum, Ambra flava, ist ein schon im höchsten Alterthum bekanntes, amorphes fossiles Harz, hart, spröde, mit muschligem Bruche, wachsglänzend, gewöhnlich gelb oder gelbbraun gefärbt, auch milchweiß und farblos, halbdurchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig, bei gewöhnlicher Temperatur geschmacklos und geruchlos, von 1,065 bis 1,10 specif. Gewicht, wird durch Reiben mit Wollenzeug negativ elektrisch, und verbreitet bei der Erwärmung einen angenehmen aromatischen Geruch. Der Bernstein besteht nach Ure aus 70,68 Kohlenstoff, 11,62 Wasserstoff und 17,77 Sauerstoff, erweicht bei 112° bis 115° und fängt bei dieser Temperatur an sich zu bräunen und sich zu zersetzen; bei 280° bis 290° ist er vollkommen flüssig, bläht sich auf, und giebt bei der trocknen Destillation Bernsteinsäure (eine blätterig oder prismatisch krystallinische, farblose, sauer und etwas erwärmend schmeckende, ohne Rückstand flüchtige Masse von 1,55 spec. Gew.), Bernsteinöl (blaßgelb, dünnflüssig, von durchdringendem unangenehmen Geruch und scharfem brenzlich ätherischen Geschmack: wahrscheinlich stark kreosothaltig, mit Salpetersäure ein orangefarbenes Harz, den künstlichen Bisam bildend) und hinterläßt ein dunkelbraunes, im Bruch flachmuschliges, fettglänzendes und geruchloses Harz, das Bernsteinharz oder Bernsteinkolophonium, welches noch weiter erhitzt, sich auch theilweise zersetzt und im Destillate außer anhängendem Brandöl, gelbe glimmerartige Blättchen bildet, die weder in Wasser noch in Alkohol, sehr wenig in Aether löslich sind (Vogel's Bernsteincamphor). Der Bernstein ist in Wasser unlöslich; mit Alkohol behandelt, färbt sich dieser gelb, indem er etwas Bernsteinsäure und zwei in Alkohol und Aether auflösliche Harze auszieht, von denen das eine in Weingeist von 88 % Tr. kalt auflöslich, das andere nur in der Wärme auflöslich ist und beim Erkalten als ein weißes lockeres Pulver sich wieder ausscheidet; beide Harze sind in Alkalien auflöslich. Der Rückstand von der Behandlung mit Alkohol besteht zum größten Theile aus einem eigenen bituminösen Stoff, dem Succin, welches weder in Alkohol und Aether, noch in fetten und ätherischen Oelen, oder ätzenden Alkalien auflöslich ist, bei der trocknen Destillation sich fast ganz in brenzliches Oel verwandelt und beim Erhitzen ein braunes, durchsichtiges Harz, die Hauptmasse im Bernsteinkolophonium hinterläßt. Concentrirte Schwefelsäure löst Bernstein mit brauner Farbe auf, mit fetten Oelen in der Wärme digerirt, wird derselbe weich und biegsam, und im papinianischen Topfe erhitzt löst er sich in fetten Oelen zu einer bräunlichgelben, dicken Flüssigkeit auf, langsamer bei der Erhitzung in offenen Gefäßen und noch langsamer bei der bloßen Digestion. Der Bernstein wird, außer der Bearbeitung zu Luxusgegenständen, verwendet als Räuchermittel, zur Darstellung der Bernsteinsäure und zur Bereitung von Lackfirniß. Den Bernsteinfirniß erhält man auf diese Weise, daß man den Bernstein bei möglichst geringer Hitze schmilzt, dann die geschmolzene Masse ausgießt, erkalten läßt, in Terpentinöl durch Wärme auflöst und in der Regel mit klarem Leinölfirniß versetzt; der Bernsteinfirniß giebt einen etwas weniger glänzenden Ueberzug als der Copallack, ist aber weit dauerhafter, als dieser. — Der Bernstein findet sich gewöhnlich an den Meeresküsten, wo er entweder bei heftigen Stürmen an das Land geworfen wird (Seebernstein), meistens in Seetang eingewickelt (Bernsteinkraut), oder in dem aufgeschwemmten Lande an der Küste selbst oder entfernt von derselben gegraben wird; der letztere, oder Landbernstein hat stets eine trübe Kruste, ist aber im Innern reiner und

kommt in größeren Stücken vor als der erſtere. Am meiſten Bernſtein wird an den preußiſchen Oſtſeeküſten gewonnen, wo die Menge deſſelben ſeit dem Jahre 1535 in jedem Jahre ſich faſt gleich geblieben iſt; außerdem findet man ihn ebenfalls in größerer oder geringerer Menge in Curland, Livland, Eſthland, Polen, Brandenburg, Pommern, Holſtein, Dänemark, Niederſachſen, Schleſien, Würtemberg, in der Schweiz, in Sicilien, Frankreich, England, Schottland, Sibirien, Grönland, China, Nordamerica. In allen dieſen Ländern kommt der Bernſtein als ein Begleiter der Braunkohlenablagerungen auf ſeiner urſprünglichen Lagerſtätte vor, oder aus denſelben ausgewaſchen, durch Fluthen fortgeführt und nebſt Thon- und Sandmaſſen wiederum abgeſetzt. Doch iſt der Bernſtein kein ausſchließend tertiäres Product, als welches er von vielen Geologen bezeichnet wird; er findet ſich ebenfalls, wiewohl ſelten, in den Ligniten des eiſenſchüſſigen Sandes der Kreideformation, oder in deren Sande unmittelbar, in New Jerſey und Delaware, ſowie im Grönſand des nördlichen und ſüdweſtlichen Frankreichs und Mähren, — im Schieferthon mit halbverkohlten Pflanzenreſten in der neuen Welt unfern Baſel, welcher dem Keuper-Sandſtein angehört, und ſogar in einem unter dem Uebergangs-Kalk gelegenen Sandſtein der ruſſiſch-baltiſchen Provinzen wird das Vorkommen von Bernſtein behauptet. — Der Bernſtein ſcheint urſprünglich als ein flüſſiger Balſam gewiſſen vorweltlichen Bäumen entquollen zu ſein und bei ſeinem allmäligen Erſtarren an der Luft verſchiedene organiſche und unorganiſche Subſtanzen eingeſchloſſen zu haben, welche oft vollkommen erhalten bis auf die jetzige Zeit in demſelben aufbewahrt worden ſind, wie Inſecten verſchiedener Gattungen, Wurzelfaſern, Blätter, Samen, Schwefelkies, Luftblaſen ꝛc. Es iſt zwierig die Baumgattungen genau zu beſtimmen, von welchen der Bernſtein herrührt, jedoch ſcheint es nach den Unterſuchungen Göppert's gewiß zu ſein, daß coniferen zu ſeiner Entſtehung Veranlaſſung gegeben haben, und zwar mehrere Arten und Geſchlechter dieſer Pflanzenfamilie, indem durch ſpätere Einwirkungen und Umwandlungen vielleicht die urſprünglichen Verſchiedenheiten in der chemiſchen Zuſammenſetzung theilweiſe ausgeglichen worden ſind. Man hat Bernſteinmaſſe gefunden in den Ueberreſten von Bäumen, welche theils mit den Lärchen übereinſtimmen, theils zu Abies oder zu der Gattung Pinus im engeren Sinne gehören. Es iſt wahrſcheinlich, daß auch noch andere Holzarten erſtarrte Säfte geliefert haben, die bis jetzt unter dem Namen des Bernſteins mitbegriffen worden ſind. Endlich iſt es bis jetzt nicht möglich, den Einfluß verſchiedener geologiſcher Epochen theils auf die verſchiedenartige Modification gleichartiger foſſiler Pflanzenſäfte, theils auf die gleichartige Umwandlung verſchiedener ſolcher Säfte genug zu würdigen, ſo daß unter Anderen keineswegs ausgemacht iſt, ob der von Göppert in Nadel-Hölzern und ihren Zapfen beobachtete Bernſtein in ſeiner quantitativen Zuſammenſetzung von dem der jetzigen Koniferen (deren Saft übrigens ſelbſt bei jeder einzelnen Art, je nach ſeinem Trockenheits-Grade, Jahreszeit ꝛc. ſehr veränderlich iſt) ebenſo ſehr, als der oben erwähnte abweichen würde *).

E. W.

Beſchleunigung, ſ. Bewegung.

Beſtandtheile, chemiſche, ſ. Elemente.

Beugung des Lichtes, ſ. Inflection.

*) Vergl. Bronn's Lethaea geognostica, Bd. II. S. 852 ff.

Bewaffnung, s. Armatur.

Bewegung (lat. Motus, franz. Mouvement, engl. Motion), als die Veränderung des von einem Körper eingenommenen Ortes (Raumes), ist der Ruhe entgegengesetzt. Die Lehre von der Bewegung ist die Mechanik, welche einen Haupttheil der Physik und der angewandten Mathematik ausmacht.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen scheinbarer und wirklicher Ruhe, zwischen scheinbarer und wirklicher Bewegung. Jeder scheinbaren Bewegung muß eine wahre zum Grunde liegen, welche letztere entweder dem Beobachtungsorte oder dem scheinbar bewegten Körper oder auch beiden angehören kann. Wenn wir z. B. in einem Wagen schnell fahren, so befinden wir uns in scheinbarer Ruhe, und die Gegenstände, an denen wir vorüberfahren, in scheinbarer Bewegung, denn wenn wir nicht wüßten, daß es sich in der That anders verhielte, so würden wir meinen, daß, während wir in Ruhe wären, die Bäume und Häuser an der Landstraße sich an den Fenstern des Wagens vorbeibewegten. Wir wissen jedoch, daß wir uns in wirklicher Bewegung, die Gegenstände außerhalb des Wagens aber in wirklicher Ruhe sich befinden. So auch befinden wir und die Erde uns in scheinbarer Ruhe, die Fixsterne aber in scheinbarer Bewegung um die Erde; Jahrtausende lang hat man diesen Schein für Wirklichkeit gehalten, jetzt aber wissen wir, daß wir und die Erde uns in wirklicher Bewegung, die Fixsterne in wirklicher Ruhe befinden. Lichtenberg pflegte zu sagen: man wisse nicht, ob eine Festung oder die nach ihr geschossene Kanonenkugel sich bewege. Denkt man sich eine Kanone genau in östlicher Richtung von einer Festung aufgestellt, und die Kugel aus ihr herausgeschossen, so kann man in der That sagen, daß die Erde sich sammt der Festung von Westen nach Osten bewege, die Kugel still stehe und die Festung ihr entgegen gelaufen komme.

Man unterscheidet ferner zwischen relativer und absoluter Ruhe, zwischen relativer und absoluter Bewegung. Bezieht man nämlich die Veränderung des Ortes eines Körpers auf den ruhenden Raum, so ist von absoluter Bewegung dieses Körpers die Rede; bezieht man aber die Veränderung des Ortes eines Körpers auf den Ort eines andern Körpers, so ist von relativer Bewegung des erstern Körpers die Rede. Ganz auf dieselbe Weise unterscheidet man die relative Ruhe von der absoluten. Wir wollen diese wichtigen Begriffe noch auf eine andere Art zu erklären und deutlich zu machen suchen. Es kann sich ein Körper in Bezug auf einen andern Körper bewegen, während er in Bezug auf einen dritten Körper ruht; dies nennt man relative Bewegung und relative Ruhe.

Ein Mann, der auf einem am Ufer hinfahrenden Schiffe mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher das Schiff sich vorwärts bewegt, vom Vordertheile desselben nach dem Hintertheile geht, befindet sich in Bezug auf die Gegenstände des Schiffes in Bewegung, in Bezug aber auf die Gegenstände am Lande in Ruhe. Und wenn es möglich wäre, daß Jemand in vierundzwanzig Stunden um die Erde herum ritte (wie in Bürger's Kaiser und Abt verlangt wird), so würde derselbe gegen die Erde allerdings in Bewegung, gegen die Sonne aber in Ruhe sein.

Von einem Körper, welcher sich in Bezug auf keinen andern Körper bewegte, würden wir sagen, daß er sich in absoluter Ruhe befände; es giebt aber in der That keinen in absoluter Ruhe befindlichen Körper. Wenn endlich, was nicht

unerwähnt bleiben darf, zwei Körper in relativer Ruhe zu einander sich befinden, aber dennoch beide zu einem dritten Körper in Bewegung sind, so sagt man, sie sind in gemeinschaftlicher Bewegung. So z. B. sind zwei Personen, die mit einander in demselben fortrollenden Wagen sitzen, in gemeinschaftlicher Bewegung.

Der Weg oder die Bahn wird durch die sämmtlichen, ununterbrochen zusammenhängend gedachten Orte dargestellt, welche ein in Bewegung gesetzter Körper vom Anfange bis zum Ende seiner Bewegung allmälig oder der Reihe nach einnimmt. Offenbar muß die Bahn eines Punktes eine Linie, die einer Linie eine Fläche, die einer Fläche oder eines Körpers ein Körper sein. Wegen der leichtern Darstellung aber pflegt man die Bahnen der Körper, indem bloß die Bewegung der Punkte, in welche man sich die ganze Masse der bewegten Körper vereinigt denken kann, betrachtet wird, ebenfalls durch Linien vorzustellen. Weil nun die Bahn eines bewegten Körpers entweder eine gerade Linie oder eine krumme Linie sein kann, so wird demnach die Bewegung des Körpers eine geradlinige oder eine krummlinige sein. Hat ein Körper eine geradlinige Bewegung, so giebt die Lage seiner geradlinigen Bahn offenbar die Richtung der Bewegung an, während bei einer krummlinigen Bewegung die, in irgend einem Punkte der krummlinigen Bahn an die letztere gezogene, Tangente die Richtung des bewegten Körpers in dem Augenblicke angiebt, da sich der Körper in diesem Punkte befindet. Und diese Richtung wird dann offenbar immer in je zwei benachbarten Punkten der krummlinigen Bahn verschieden sein. Uebrigens kann nach dem Begriffe der krummen Linien die krummlinige Bewegung als zusammengesetzt gedacht werden aus unendlich vielen, unendlich kleinen geradlinigen Bewegungen, welche mit stetig ändernder Richtung geschehen.

Man unterscheidet ferner zwischen fortschreitender (progressiver) Bewegung und drehender (rotirender) Bewegung. Die erstere hat ein Körper, dessen sämmtliche Theile (Punkte) nach denselben und parallelen Richtungen sich fortbewegen; dagegen hat ein Körper eine drehende Bewegung, d. h. er rotirt, sobald nur ein oder mehrere Theile desselben ruhen, während gleichzeitig sich alle übrigen Theile in Bewegung befinden. Ein rotirender Körper kann hierbei entweder seinen Ort im Raume überhaupt ändern oder nicht, wie im ersteren Falle z. B. bei den Haupt- und Nebenplaneten unseres Sonnensystems, im letzteren Falle z. B. bei den Rädern einer Wassermühle stattfindet, wo also nur die einzelnen Theile der Räder allmälig andere Orte im Raume einnehmen. Aber bei jeder rotirenden Bewegung giebt es einen einzigen, sich nicht bewegenden Punkt, welcher der Mittelpunkt der Drehung oder kurz der Drehpunkt genannt wird. Die durch denselben gezogen gedachte gerade, gleichfalls nicht bewegte Linie heißt dann die Drehungs- oder Rotationsaxe oder auch bloß die Axe.

Die bei Beschreibung der Bahn irgend eines bewegten Körpers verflossene Zeit muß berücksichtigt werden, weil man, indem man die Größe der Bahn oder die Länge des Weges, den der bewegte Körper in einer gewissen Zeit durchläuft oder zurücklegt, in Anschlag bringt, erst auf diese Weise zu dem Begriffe der Geschwindigkeit dieses bewegten Körpers gelangen und diese Geschwindigkeit selbst bestimmen oder angeben kann. Es wird aber die Zeit überhaupt durch diejenige Einheit gemessen, deren Unveränderlichkeit durch nahe 2000jährige Beobachtungen evident nachgewiesen ist. Diese Einheit ist bekanntlich die Zeitdauer

einer einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Axe, d. h. der Sterntag, deſſen 86164,09. Theil (die Sternzeitſecunde) 86400 mal genommen die Dauer eines ſogenannten mittleren Sonnentages giebt.

Alle Bewegungen werden ferner, zufolge einer ſogleich zu erwähnenden Betrachtung, in gleichförmige und ungleichförmige Bewegungen unterſchieden. Gleichförmig iſt eine Bewegung, ſobald die von dem Körper in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege ſtets von gleicher Länge ſind, oder wenn (wie man zu ſagen pflegt) die durchlaufenen Wege den hierzu gebrauchten Zeiten proportional ſind. Wo dieſes aber nicht ſtattfindet, da iſt die Bewegung ungleichförmig. Die ungleichförmige Bewegung kann nun eine beſchleunigte oder eine verzögerte Bewegung ſein, je nachdem die, in den aufeinander folgenden Zeitintervallen durchlaufenen, Wege entweder ſtets größer oder ſtets kleiner werden. Weil aber dieſes Größer- oder Kleinerwerden ſelbſt wieder entweder gleich- oder ungleichförmig vor ſich gehen kann, ſo kann es ſowohl eine gleichförmig beſchleunigte (wie ſie z. B. jeder freifallende Körper zeigt) oder verzögerte Bewegung, als auch eine ungleichförmig beſchleunigte oder verzögerte Bewegung geben. Uebrigens nennt man bei einer ungleichförmigen Bewegung überhaupt die Veränderung der Wege in den ſich folgenden gleichen Zeitintervallen entweder Beſchleunigung (Acceleration) oder Verzögerung (Retardation), je nachdem die ungleichförmige Bewegung eine beſchleunigte oder verzögerte iſt.

Bei jeder Bewegung ergiebt die Vergleichung der Zeiten mit den Wegen, denen ſie gehören, den Begriff der Geſchwindigkeit, wie auch ſchon oben angegeben wurde. Bei dieſer Vergleichung liegt als Zeiteinheit gewöhnlich die Sexageſimal-Zeitſecunde der mittlern Sonnenzeit zum Grunde. Die Geſchwindigkeit für gleichförmige Bewegungen, wo in gleichen Zeiten gleich große Wege beſchrieben werden, iſt in allen Punkten des ganzen Weges gleich groß und wird offenbar durch den in einer Secunde durchlaufenen Weg dargeſtellt. Durchläuft alſo ein Körper ſeinen Weg zu Anfange einer jeden Secunde mit einer andern Geſchwindigkeit als am Ende der Secunde, ſo ſagt man von ihm, daß er ſich ungleichförmig bewege. Mithin muß, wenn von der Geſchwindigkeit eines ſich ungleichförmig bewegenden Körpers die Rede iſt, angegeben werden, für welchen Zeitpunkt und in welchem Punkte der Bahn dieſe Geſchwindigkeit gilt, und dieſe Geſchwindigkeit wird dann ſtets für denjenigen Weg genommen, welchen der bewegte Körper in der, dem gedachten Zeitpunkte zunächſt folgenden, Secunde durchlaufen würde, ſobald die ungleichförmige Bewegung des Körpers in jenem Zeitpunkte ſelbſt plötzlich in eine ganz gleichförmige überginge. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß für eine abſolute Bewegung auch die Geſchwindigkeit eine abſolute, und für eine relative Bewegung auch die Geſchwindigkeit eine relative ſein müſſe.

Wenn ein Punkt ſich um eine feſte Axe bewegt, ſo ſpricht man nicht bloß von der Geſchwindigkeit dieſer Bewegung, ſondern auch noch von einer andern, der ſogenannten Winkelgeſchwindigkeit, d. h. von dem Verhältniſſe der Zeiten zu den Winkelräumen, die von dem, in dem ſich drehenden Körper gezogenen Radius des gedachten Punktes in dieſen Zeiten beſchrieben werden. Bei der Bewegung eines Planeten in ſeiner elliptiſchen Bahn um die Sonne verſteht man unter der Winkelgeſchwindigkeit dieſes Planeten das Verhältniß der Zeiten zu den ſtets von dem Perihel an genommenen Winkelräumen, die von dem Radius Vector

des Planeten in diesen Zeiten beschrieben werden. Daß übrigens alle Punkte eines, um eine feste Axe rotirenden, Körpers gleiche Winkelgeschwindigkeit besitzen müssen, ist an und für sich klar.

Die Ursache der Bewegung nennen wir Kraft (ohne uns aber das wahre Wesen derselben erklären zu können) und wir sagen, daß die Kraft, welche einen Körper mit einer Geschwindigkeit in Bewegung setzt, die noch einmal so groß ist als die Geschwindigkeit, mit der ein gleicher Körper von einer andern Kraft in Bewegung gesetzt wird, auch noch einmal so groß sei als diese zweite Kraft. Denn die Kräfte — zu denen man in der Physik Cohäsion, Adhäsion, Schwere, Elektricität, Stoß durch schon bewegte Körper, Gewicht der Körper, Elasticität, Wärme, Expansion der Dämpfe, Muskelkraft der Menschen und Thiere rechnet — können nur aus ihren Wirkungen beurtheilt, folglich auch durch kein eigentliches Maß bestimmt werden. In der schriftlichen Darstellung werden sie durch Zahlen oder gerade Linien ausgedrückt, wobei die Einheit eigentlich ganz willkürlich ist. Es erhellet ferner, daß bei gleichen zu bewegenden Körpern oder auch bei demselben Körper eine gleiche Kraft auch eine gleiche Geschwindigkeit veranlasse. Folglich muß man für jede Aenderung der Geschwindigkeit eine neue Kraft als wirksam annehmen, sowie auch voraussetzen, daß eine Kraft dem Körper in seiner Bewegung eine bestimmte Richtung gebe; für jede Aenderung der Richtung muß also eine neue Kraft als wirksam angenommen werden.

I.

Gesetzt eine Kugel rollt von einer Kraft, die wir K nennen wollen, in Bewegung gesetzt mit solcher Geschwindigkeit fort, daß sie einen Weg = ab (Fig. I.) in jeder Secunde zurücklegt, so kommt sie in 4 Secunden bis ag; von dem Augenblicke, wo sie in g ankommt, verdoppelt sie aber ihre Geschwindigkeit, so daß sie nun in einer Secunde gh = 2 ab zurücklegt. Wir werden sagen, es sei in g eine neue Kraft K′ zu der ersten K hinzugekommen, und diese Kräfte zusammengenommen hätten von g an die Kugel in Bewegung gesetzt. — Oder bewegt sich eine Kugel, von einer gewissen Kraft K in Bewegung gesetzt, in der Richtung ab (Fig. II.) fort, nimmt aber in dem Augenblicke, wo sie in b ankommt, die Richtung bc an, so nehmen wir an, in b habe eine zweite Kraft K′ auf die Kugel gewirkt, welche sie aus ihrer früheren Richtung ab herausgestoßen habe.

II.

Da nun ein Körper so lange ruht, bis eine Kraft ihn in Bewegung setzt, so wird er durch eine Kraft in Bewegung gesetzt, durch welche er eine sich fortwährend gleichbleibende Geschwindigkeit erhält, bis eine andere Kraft dieselbe beschleunigt oder verzögert, so sagt man: der Körper beharrt, so lange er durch eine Kraft angegriffen wird, in der einmal angenommenen Ruhe oder Bewegung. Man nennt dieses Gesetz das Gesetz der Trägheit oder des Beharrungsvermögens; denn die Materie ist überhaupt gleichgültig gegen Ruhe und Bewegung, d. h. von selbst geräth sie weder in Bewegung, wenn sie im Zustande der Ruhe, noch in Ruhe, wenn sie im Zustande der Bewegung war. Diesem Gesetze scheint die Erfahrung zu widersprechen, indem jeder Körper, den wir durch irgend eine Kraft in Bewegung setzen, allmälig wieder zur Ruhe kommt.

Wir bemerken aber auch bald, daß, je weniger Anstoß ein bewegter Körper findet, er desto länger seine Bewegung beibehält; man sagt, je geringer die Reibung ist, desto langsamer nimmt die Geschwindigkeit des bewegten Körpers ab. Die Reibung aber ist nichts anderes als eine fortgesetzte Reihe von Kräften, welche fortwährend auf den Körper wirken und zwar entgegengesetzt derjenigen Kraft, die zuerst dem Körper seine Geschwindigkeit mittheilte, und obgleich jede dieser Kräfte an sich geringer ist als jene erste Kraft; so sammeln sie sich doch, nach dem Gesetze der Trägheit, in dem bewegten Körper, und in dem Augenblicke, wo ihre Summe gleich wird der Kraft, welche den Körper anfänglich in Bewegung setzte, kommt der Körper zur Ruhe. Könnten wir einen Körper in Bewegung setzen und zugleich alle Reibung verhindern, so würde sich der Körper in die Unendlichkeit ohne Aufhören mit derselben anfänglichen Geschwindigkeit bewegen. Das Gesetz der Trägheit offenbart sich uns übrigens in hundert Erfahrungen, die wir täglich machen. Wenn man z. B., ohne die nöthige Vorsicht anzuwenden, von einem schnell fahrenden Wagen herabspringt, so wird man stets der Länge lang hinfallen, weil der Körper dem Gesetze der Trägheit gemäß noch theilweise die Bewegung des Wagens theilt. Wenn man in einem Kahne steht und dieser unversehens durch einen festen Gegenstand in seiner Bewegung gehemmt wird, so fällt man nach vorn hin, denn während die Beine mit dem Kahn stehen bleiben, setzt der Körper die angenommene Bewegung fort. Eine lose an ihren Stiel befestigte Art schnell von oben nach unten bewegt, so daß das Ende des Stiels hart auf einen festen Körper auftrifft, fliegt nicht vom Stiele ab, sondern an ihm herunter, bis sie sich festklemmt. Denn dem Gesetze der Trägheit gemäß bewegt sich die Art fort in ihrer Richtung nach unten, die ihr mit dem Stiele ertheilt wurde, auch dann noch, wenn schon die Bewegung des Stiels durch den festen Körper gehemmt wurde. Das Gesetz der Trägheit ist es auch, demzufolge es uns unmöglich ist, in einem sehr schnellen Laufe plötzlich anzuhalten.

Wirkt dieselbe Kraft nicht einmal, sondern immer aufs neue auf den Körper, so wird dadurch die Geschwindigkeit desselben fortwährend beschleunigt. Ein einmaliger Stoß, d. h. eine augenblicklich wirkende Kraft, welche Momentankraft genannt wird, giebt dem Körper eine bestimmte Geschwindigkeit, derselbe Stoß noch einmal angebracht, verdoppelt die Geschwindigkeit ꝛc. Wirkt eine Kraft fortwährend auf den Körper, wie die Schwere beim Falle, so hat der Körper im zweiten Augenblicke des Falles schon die doppelte Geschwindigkeit, die er im ersten hatte. Die Geschwindigkeit wächst fortwährend, ist also eine beschleunigte Geschwindigkeit.

Kräfte, welche anhaltend wirken und daher eine beschleunigte Geschwindigkeit erzeugen, heißen beschleunigende Kräfte oder continuirliche Kräfte (wie z. B. die Schwere), ohne aber hierbei, wenigstens im Allgemeinen, zu berücksichtigen, ob diese beschleunigenden Kräfte, die übrigens entweder constant oder veränderlich sein können, eine beschleunigte oder eine verzögerte Bewegung erzeugen. Die Kräfte werden in absolute und relative unterschieden. Eine Kraft heißt absolut, sobald sie von der Geschwindigkeit eines Körpers, auf den sie einwirkt, nicht abhängig ist; im entgegengesetzten Falle sagt man, daß die Kraft eine relative sei, wie z. B. die Kraft, mit welcher Wasser gegen einen Körper stoßend wirkt, da hingegen die Anziehungskraft der Erde eine absolute ist. Doch braucht man auf den Unterschied absoluter und relativer Kräfte bei der Un-

wickelung der allgemeinen Bewegungsgesetze nicht besonders zu achten, da man offenbar jede relative Kraft bei ihrer Wirkung in irgend einem Moment mit einer absoluten Kraft vergleichen kann.

Bei der Geschwindigkeit, welche dieselbe Kraft verschiedenen Körpern mittheilt, kommt in Betracht die *Masse* der verschiedenen Körper. Ein Körper von doppelt so großer Masse als ein anderer erhält durch dieselbe Kraft nur eine halb so große Geschwindigkeit als der zweite Körper. Dies als Gesetz ausgesprochen heißt: *bei gleichen Kräften verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Massen.*

Es giebt auch Fälle, wo eine Kraft von einem Mittelpunkte aus nach allen Seiten hin wirkt. Dann wird eine solche Kraft *Centralkraft* und die durch sie erzeugte Bewegung *Centralbewegung* genannt.

Die angewandte Kraft wirkt zunächst nur auf denjenigen Theil eines Körpers, an sie unmittelbar trifft und pflanzt sich erst allmälig nach den übrigen Theilen des Körpers fort. Ist daher die angewandte Kraft stärker als der Zusammenhang der Theile des Körpers unter einander, so wird der Zusammenhang der Theile des Körpers zerrissen. Dies geschieht besonders, wenn eine stärkere Kraft auf einmal als Stoß gegen einen Körper von geringem Zusammenhange wirkt; dann wird nicht der ganze Körper fortbewegt, sondern es werden die unmittelbar betroffenen Theile vom Körper abgetrennt. Wenn man z. B. gegen eine dünne bewegliche Holzplatte eine Kugel schießt, so geht diese durch die Platte hindurch, reißt also die einzelnen getroffenen Theile aus ihrem Zusammenhange, während die ganze Platte unbewegt bleibt.

Man unterscheidet zwischen *freier Bewegung* und *Bewegung auf vorgeschriebenem Wege*. Jene findet statt, sobald ein Körper, ohne auf ein Hinderniß zu stoßen, während seiner Bewegung völlig dem, von den auf ihn einwirkenden Kräften vorgeschriebenen Wege folgt. Dagegen bewegt sich ein Körper auf vorgeschriebenem Wege, wenn er wegen eines Hindernisses einen gewissen Weg zu durchlaufen gezwungen ist, während er ohne dieses Hinderniß eine andere Bahn beschreiben würde. Eine freie Bewegung ist z. B. der freie Fall der Körper, eine Bewegung auf vorgeschriebenem Wege dagegen z. B. der Fall auf der schiefen Ebene und die Bewegung des Uhrpendels. Bloß von solchen letztern Bewegungen ist in der praktischen Mechanik meistens die Rede.

Alles Bisherige bezog sich bloß auf die Bewegung *eines* Punktes und der Geschwindigkeit seiner Bewegung, mithin nur auf *einfache Bewegung* und *einfache Geschwindigkeit*. Man kann nun aber auch die Bewegungen eines Punktes X als aus den Bewegungen der Punkte A, B, C, ... zusammengesetzt annehmen. Dann heißt die Bewegung des Punktes X eine aus denen von A, B, C, ... *zusammengesetzte Bewegung*, sobald für je zwei Zeitpunkte die Lage des Ortes des Punktes X in dem einen gegen seinen Ort in dem andern Zeitpunkte zusammengesetzt ist aus den Lagen, welche die Oerter der Punkte A, B, C, ... in erstern Zeitpunkte resp. gegen die Oerter derselben im letztern haben. Ebenso kann man auch, da sich die Geschwindigkeit durch eine gerade Linie ausdrücken läßt, welche die Richtung der Bewegung hat und deren Länge dem in der Zeiteinheit beschriebenen Wege gleich ist, eine Geschwindigkeit aus zwei oder mehreren andern Geschwindigkeiten *zusammengesetzt* nennen, sobald die die erstere ausdrückende

Linie aus den die letztern ausdrückenden Linien zusammengesetzt ist. Aus dem Vorstehenden ergiebt sich nun, daß man bei jeder Bewegung im Allgemeinen die Ursache (Kraft) und die Richtung der Bewegung, die Zeit und den zurückgelegten Weg, die Geschwindigkeit und die Größe der Bewegung zu berücksichtigen habe.

I. Bewegung materieller Punkte.

A) Gleichförmig bleibende Bewegung.

Wenn irgend ein Punkt auf einer geradlinigen Bahn mit der Geschwindigkeit v (wo also v den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg bezeichnet) während der Zeit t den Weg s durchläuft, so hat man, zufolge der Definition der gleichförmigen Bewegung, die Proportion: $1 : v = t : s$ und aus dieser Proportion die bekannten drei Fundamentalgleichungen:

$$1)\ v = \frac{s}{t},\quad 2)\ t = \frac{s}{v},\quad 3)\ s = vt;$$

d. h. die Geschwindigkeit ist gleich dem, durch die gebrauchte Zeit dividirten, beschriebenen Wege, ferner die zur Zurücklegung des Weges nöthige Zeit ist gleich dem, durch die Geschwindigkeit dividirten, beschriebenen Wege, und endlich der Weg ist gleich der in die Zeit multiplicirten Geschwindigkeit.

Es sei nun A ein fester Punkt, B und B′ zwei mit A in einer geraden Linie liegende Punkte, und zwar B von A um a und B′ von A um a′ entfernt. Nun bewege sich ein Punkt b von B aus mit der Geschwindigkeit v binnen t Zeitsecunden, und gleichzeitig ein Punkt b′ von B′ aus mit der Geschwindigkeit v′ binnen t Zeitsecunden; so wird, wenn Δ, Δ' die Entfernungen der Punkte b, b′ von A bezeichnen, welche b, b′ am Ende der tten Zeitsecunde erlangt haben, alsdann offenbar

$$4)\ \begin{cases} \Delta = a + vt \\ \Delta' = a' + v't \end{cases}$$

sein, und die Größe $\Delta - \Delta' = (a - a') + (v - v')t$ wird die Entfernung des Punktes b von dem Punkte b′ nach Verlauf von t Secunden ausdrücken. Bewegen sich b, b′ nach einerlei Richtung, so ist v—v′ ihre relative Geschwindigkeit, die aber v + v′ sein muß, wenn die Richtungen beider Bewegungen einander entgegengesetzt sind. Fängt jedoch b′ um t′ Secunden früher oder später an sich zu bewegen als b, so werden statt der Gleichungen 4) offenbar die folgenden:

$$5)\ \begin{cases} \Delta = a + vt \\ \Delta' = a' + v'(t \pm t') \end{cases}$$

stattfinden müssen, und diese Gleichungen dienen zur Beantwortung einer Menge hierher gehöriger interessanter Fragen. Man s. hierüber z. B. Meier Hirsch Samml. v. Beisp., Form. u. Aufg. aus d. Buchstabenrechn. 6. Aufl. Berl. 1841 S. 173. 54), 56), 59), 60), 62), 63), 65) und 66). — Wenn ein Punkt sich aber in einer krummen Linie gleichförmig bewegt, so ist unter der Geschwindigkeit v das in der Zeiteinheit und unter dem Wege s das in t Zeitsecunden durchlaufene Stück (Bogen) der krummen Linie zu verstehen. Wenn nun irgend ein Punkt sich mit der Geschwindigkeit v so auf der Peripherie eines Kreises, der r zum Radius hat, fortbewegt, daß der Punkt binnen t Secunden n Umläufe macht, so wird man, zufolge der Gleichung 2), da $s = n \cdot 2r\pi$ sein muß, den Ausdruck er-

halten $t = \frac{n.2r\pi}{v}$, d. h. 6) $2nr\pi = vt$, und hieraus die Gleichungen: $n = \frac{vt}{2r\pi}$, $r = \frac{vt}{2n\pi}$, $v = \frac{2nr\pi}{t}$, $t = \frac{2nr\pi}{v}$. Wird hier die Winkelgeschwindigkeit durch w bezeichnet, so hat man offenbar die Proportion $t : n = 360^0 : w^0$ und aus dieser 7) $w = \frac{360n}{t}$, also auch 8) $w = \frac{180v}{\pi r}$. Wenn sich dagegen zwei Punkte b, b' auf der Peripherie eines Kreises, die p Fuß lang ist, anfangs um den Bogen von d Fuß Länge von einander abstehend, hinter einander mit den resp. Geschwindigkeiten von v und v' Fußen in 1 Secunde fortbewegen, so werden diese beiden Punkte b, b', vorausgesetzt, daß sie sich in ihren Bewegungen gegenseitig nicht stören, sobald b um t Secunden früher oder später als b' sich zu bewegen anfängt, nach $\frac{(n-1)\,p + d \pm vt}{v' - v}$ Secunden zum nten Male zusammentreffen. Geschieht aber die Bewegung von b in der Richtung, welche der von b' entgegengesetzt ist, so werden b und b' offenbar nach $\frac{(n-1)\,p + d \pm vt}{v' + v}$ Secunden zum nten Male zusammentreffen müssen.

B) Gleichförmig veränderte Bewegung.

Bei einer gleichförmig veränderten Bewegung ist nach der von ihr oben gegebenen Definition die Geschwindigkeit stets nur mit Angabe der Zeit, auf welche sie sich bezieht, denkbar. Man pflegt die durch stetige Einwirkung während der ganzen Zeit t erzeugte, am Ende der Zeit t stattfindende, Geschwindigkeit v gewöhnlich die Endgeschwindigkeit zu nennen. Es ist dann aber der unter Voraussetzung einer stetig wirkenden, gleichförmig beschleunigten Kraft in der Zeit t zurückgelegte Weg $s = gt^2$, wo g den in der ersten Zeiteinheit durchlaufenen Weg bezeichnen soll, jedoch immer die Kraft als eine stetigwirkende, gleichförmig beschleunigende vorausgesetzt. Ebenso wird man für die Zeit t_1 haben $s_1 = gt_1^2$ und daher auch $s : s_1 = gt^2 : gt_1^2$, d. h. die beiden Proportionen:

$$9) \begin{cases} s : s_1 = t^2 : t_1^2 \\ t : t_1 = \sqrt{s} : \sqrt{s_1}; \end{cases}$$

hiehin verhalten sich bei stetig gleichförmig beschleunigter Bewegung die Wege wie die Quadrate der hierzu gebrauchten Zeiten oder die Zeiten wie die Quadratwurzeln aus den in diesen Zeiten beschriebenen Wegen. Die Endgeschwindigkeit v, welche am Ende der Zeit t erlangt worden ist, wird durch die Gleichung $v = 2gt$ bestimmt. Es sind nun aber die Gleichungen $10) \begin{cases} s = gt^2 \\ v = 2gt \end{cases}$ diejenigen, welche die ganze Theorie der gleichförmig beschleunigten Bewegung enthalten und die daher alle hierher gehörigen Fragen beantworten, wie folgt:

$$11)\quad \begin{cases} s = gt^2 = {}^1/_2 \cdot vt = {}^1/_4 \cdot \dfrac{v^2}{g} \\ v = 2gt = 2 \cdot \dfrac{s}{t} = 2\sqrt{gs} \\ t = 2 \cdot \dfrac{s}{v} = {}^1/_2 \cdot \dfrac{v}{g} = \sqrt{\dfrac{s}{g}} \\ g = \dfrac{v}{2t} = \dfrac{s}{t^2} = {}^1/_4 \cdot \dfrac{v^2}{s} \end{cases}$$

Dieſe Formeln bilden auch die Fundamentalgleichungen für den freien Fall der Körper, und auf ſie werden wir uns in dem Art. Fall der Körper, freier, beziehen; die Richtigkeit der Geſetze des Falles wird experimentell durch die Fallmaſchine (ſ. d. Art.) nachgewieſen. Man nehme nun an, einem Punkte, auf den eine gleichförmig beſchleunigende Kraft einwirkt, ſei bei Beginn ſeiner Bewegung mittelſt einer momentan (augenblicklich) wirkenden Kraft zugleich noch eine ſogenannte Anfangsgeſchwindigkeit c gegeben worden; ſo hat man nach dem, was oben von der gleichförmigen Bewegung geſagt worden, offenbar die beiden Gleichungen

$$12)\quad \begin{cases} s = ct \pm gt^2 \\ v = c \pm 2gt, \end{cases}$$

in denen das untere Zeichen für den Fall genommen werden muß, wo die Richtung von v derjenigen von c direct entgegengeſetzt iſt. Aus den Gleichungen 12) ergeben ſich übrigens die folgenden:

$$12)\quad \begin{cases} s = ct \pm gt^2 = \pm \dfrac{v^2 - c^2}{4g} = ct \pm {}^1/_2 (v - c)t \\ v = c \pm 2gt = \dfrac{2s - ct}{t} \\ c = \dfrac{s \mp gt^2}{t} = v \mp 2gt \\ g = \pm \dfrac{s - ct}{t^2} = \pm \dfrac{v - c}{2t} \\ t = \mp \dfrac{c - \sqrt{c^2 + 4gs}}{2g} = \pm \dfrac{v - c}{2g} \end{cases}$$

in welchen allgemeinen Gleichungen die von 11) für c = o enthalten ſind. Da ſich die Größe einer Kraft bloß nach der durch ſie erzeugten Wirkung beurtheilen läßt, ſo kann man ſowohl momentan wirkende als auch gleichförmig beſchleunigende Kräfte den durch ſie in gleichen Zeiten erzeugten Geſchwindigkeiten proportional ſetzen, jedoch ſtets unter der Vorausſetzung, daß die Kräfte nur auf Punkte einwirken. Dann aber kann man, wenn eine gleichförmig beſchleunigende Kraft, die in der erſten Zeiteinheit eine der zum Grunde gelegten Längeneinheit gleiche Geſchwindigkeit erzeugt, als ſogenannte Krafteinheit angenommen worden, die Größe 2g das Maß der beſchleunigenden Kraft nennen. Uebrigens erhellt leicht, daß die Gleichungen 12), wenn in ihnen ſtets das untere Zeichen genommen wird, für die gleichförmig verzögerte Bewegung, wo natürlich ſchon eine Anfangsgeſchwindigkeit vorhanden ſein muß, giltig ſind. Setzt man in ihnen für dieſen Fall noch v = o, ſo entſtehen die Gleichungen:

$$13)\begin{cases} s = \dfrac{c^2}{4g} = {}^1/_2\, ct \\ c = 2gt = \dfrac{2s}{t} \\ g = \dfrac{c}{2t} \\ t = \dfrac{c}{2g} = \dfrac{2s}{c} \end{cases}$$

C) Ungleichförmig veränderte Bewegung.

Für jede ungleichförmig veränderte Bewegung kann das Maß 2g der beschleunigenden Kraft nicht mehr als eigentliches Maß stattfinden, da diese Größe 2g hier natürlich ebenfalls veränderlich sein muß, so daß also die Kenntniß des Gesetzes dieser Veränderlichkeit durchaus nothwendig ist. Diese Veränderlichkeit läßt sich nun entweder als eine Function des durchlaufenen Weges oder der erlangten Geschwindigkeit während der verflossenen Zeit ansehen. Ein frei fallender Körper z. B. durch die Anziehungskraft der Erde nach deren Miltelpunkte getrieben, beschleunigt in jedem Punkte seiner Bahn seine Bewegung im Verhältniß der Größe dieser Anziehungskraft, welche sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung des angezogenen Punktes vom Erd-Mittelpunkte verhält. Mithin hat dieser Punkt eine beschleunigte Bewegung mit stets wachsender Beschleunigung. (Indessen pflegt man wegen Einfachheit der Rechnung bei geringen Fallhöhen die Größe der Anziehungskraft der Erde als constant anzunehmen, ohne daß dadurch ein erheblicher Fehler in der Bestimmung des gesuchten Resultates entstände; siehe d. Art. Fall der Körper, freier.) Ein anderes Beispiel von ungleichförmig veränderter Bewegung bietet ein im widerstehenden Mittel sich bewegender Körper dar, denn dieser findet einen sich mit der Geschwindigkeit seiner Bewegung ändernden Widerstand, den man in der Regel dem Quadrate dieser Geschwindigkeit proportional setzt. Der Körper hat daher eine ungleichförmig verzögerte Bewegung.

Da sich die allgemeinen Gesetze der ungleichförmig veränderten Bewegung bloß mit Hülfe der höhern Analysis am einfachsten bestimmen und deutlich darstellen lassen, der Praktiker aber mit höhern Rechnungen meistens nicht vertraut ist, so hat man für ihn verschiedene Methoden, aus den Resultaten von, eine ungleichförmig veränderte Bewegung zeigenden, Beobachtungen die gesuchten Größen durch Annäherungsconstructionen abzuleiten, welche Ableitungen umständlich zu geben hier ebenso wenig der Ort sein kann, als die Theorie der ungleichförmig veränderten Bewegung im analytischen Gewande darzustellen. Wir können nur Folgendes hierüber bemerken. Wenn man die Fundamentalgleichung der ungleichförmig veränderten Bewegung bestimmen will, so legt man gewöhnlich ähnliche Voraussetzungen zu Grunde, als die, welche bei der Bestimmung der allgemeinen Gesetze für die gleichförmig veränderte Bewegung gemacht werden. Hauptsächlich nimmt man an, die ungleichförmig veränderte Bewegung sei aus unendlich vielen, unendlich kleinen Wegen zusammengesetzt, und ein jeder dieser Wege werde in einer unendlich kleinen Zeit mit gleichförmiger Bewegung durchlaufen. Alsdann nimmt man mit Recht an, daß die stets veränderliche, beschleunigende Kraft während der unendlich kleinen Zeit, in der auch die Geschwindigkeit sich gleichbleibend vorausgesetzt wird, constant

bleibe. Und so ist es endlich möglich, diese Kraft mit einer andern, die Beschleunigung erzeugenden, constanten Kraft in eine Vergleichung mittelst des Satzes zu bringen, daß sich die Kräfte unter übrigens gleichen Umständen wie ihre Wirkungen, d. h. wie die erzeugten Geschwindigkeiten verhalten. Auf diese Weise erhält man die Fundamentalgleichungen für die ungleichförmig veränderte Bewegung, in welche nun die auf dem Wege der Erfahrung bestimmten Gesetze für die Abhängigkeit der Beschleunigung von der Zeit substituirt werden. Um jedoch die bei einer ungleichförmigen Bewegung mit einander correspondirenden Elemente gehörig zu beobachten, hat man in der Praxis mancherlei Methoden, von welchen namentlich in der Art. Reibung und Widerstand die Rede sein wird.

D) Zusammengesetzte Bewegung in einer geraden Linie.

Ein materieller Punkt, der in einer geraden Linie zwei gleichförmige Bewegungen mit den resp. Geschwindigkeiten v und v_1 hat, legt in jeder Zeiteinheit den Weg $v \pm v_1$ (das untere Zeichen für Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen) zurück, und folglich nach t Secunden den Weg

$$14) \quad s = (v \pm v_1)\, t$$

zurück. Dies läßt sich leicht auf den Fall von mehr als zwei gleichförmigen Bewegungen in einer geraden Linie ausdehnen, und man kann daher allgemein sagen: durch mehrere gleichförmige Bewegungen in einer geraden Linie entsteht eine gleichförmige Bewegung mit einer der algebraischen Summe der ursprünglichen Geschwindigkeiten gleichen Geschwindigkeit. Wenn aber in einer Geraden zwei durch die Beschleunigungen G und G_1 resp. gleichförmig veränderte Bewegungen stattfinden, so wird offenbar $v = (G \pm G_1)\, t$ sein, und man kann dann allgemein sagen: mehrere gleichförmig veränderte Bewegungen in einer geraden Linie erzeugen eine gleichförmig veränderte Bewegung mit einer der algebraischen Summe der ursprünglichen Beschleunigungen gleichen Beschleunigung.

E) Zusammengesetzte Bewegung nach verschiedenen Richtungen.

Wenn ein Punkt gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen Bewegung erhält, so kann er keiner dieser Richtungen ausschließlich folgen, sondern er muß offenbar eine durch die Art, Richtung und Geschwindigkeit (oder Beschleunigung) der ursprünglichen Bewegungen bedingte neue Richtung erhalten. Die ursprünglichen Bewegungen pflegt man die Seitenbewegungen (Componanten) und die aus ihnen entstehende Bewegung die mittlere, gewöhnlicher die resultirende Bewegung zu nennen.

Sind nun für einen gewissen Punkt zwei Bewegungen, deren [illegible] ter einander den Winkel α bilden, mit den resp. Geschwindigkeiten [illegible] handen, so ist leicht einzusehen, daß, weil man v und v_1 durch [illegible] Winkel α mit einander bildende Linien darstellen und hieraus das [illegible] gramm (das Parallelogramm der Bewegungen) con[illegible] Punkt weder der Richtung der v, noch der Richtung der v_1 dar[illegible] allein folgen wird, sondern die Richtung der Diagonale des Para[illegible] schlagen und dabei diejenige Geschwindigkeit V erhalten muß, welche [illegible] der Diagonale dargestellt wird, und die neue Richtung, welche der [illegible]

macht mit den ursprünglichen Richtungen offenbar den Winkel $\frac{1}{2}\alpha$. Mithin wird nach einem bekannten Satze der ebenen Trigonometrie

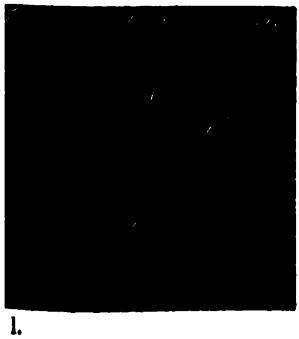
$$15)\quad V = \sqrt{v^2 + v_1^2 + 2v\,v_1 \cos\alpha}$$

sein, und wenn beide Geschwindigkeiten v und v_1 einander gleich sind, so wird man haben: $16)\quad V = v\sqrt{2 + \cos\alpha}$, d. h. $V = 2v \cos \frac{1}{2}\alpha$.

Es läßt nun aber mit Hülfe des Parallelogramms der Bewegungen sehr leicht die ganz allgemeine Aufgabe lösen, wo n Seitenbewegungen mit den Geschwindigkeiten $v_1, v_2, v_3 \ldots v_n$ einem Punkte gleichzeitig ertheilt werden und man soll die Größe V_{n-2} und Richtung der resultirenden Bewegung bestimmen. Diese Lösung ist eine successive, indem man erst die resultirende Bewegung R_1 der beiden ersten Seitenbewegungen, dann die resultirende Bewegung R_2 von R_1 und der dritten Seitenbewegung, nachher die resultirende Bewegung R_3 von R_2 und der vierten Seitenbewegung u. s. w. bestimmt, bis man die resultirende Bewegung R_{n-1} von R_{n-2} und der nten Seitenbewegung als die gesuchte resultirende Bewegung aller gegebenen n Seitenbewegungen gefunden hat. Man wird also (zufolge 16)) nach und nach erhalten:

$$V_1 = \sqrt{v_1 + v_2 + v_1 v_2 \cos\alpha_1}$$
$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + v_3 + V_1 v_3 \cos\alpha_2}$$
$$V_3 = \sqrt{V_2^2 + v_4 + V_2 v_4 \cos\alpha_3}$$
u. s. w.
$$V_{n-2} = \sqrt{V^2{}_{n-2} + v_n + V_{n-2}\, v_n\, \alpha_{n-2}}$$

Auf einer solchen successiven Vereinigung mehrerer Seitenbewegungen zu einer mittlern beruht der s'Gravesand'sche Apparat, von dem in der Folge die Rede sein wird. Der Beweis von der Richtigkeit des Parallelogramms der Bewegungen aber stützt sich, da dieser, auch Parallelogramm der Geschwindigkeiten genannte, Satz sich auf den Satz von dem Parallelogramm der Kräfte leicht zurückführen läßt, auf den Beweis eben desselben. Die Zurückführung selbst aber geschieht, indem man die, die ursprünglichen Bewegungen erzeugenden, Kräfte zu einer Mittelkraft vereinigt und als Resultat dieser Mittelkraft die hervorgebrachte Bewegung ansieht, deren Richtung in die der Mittelkraft verlegt und deren Geschwindigkeit der der Mittelkraft proportional ist. — Wir wollen also jetzt den Satz von dem Parallelogramm der Kräfte erläutern und zu beweisen suchen. Er enthält die Beantwortung der Frage: In welcher Linie wird sich ein Körper bewegen, auf den zwei Kräfte von verschiedener Stärke wirken. Gesetzt, es wirke auf den Körper in B (s. beistehende Fig.) eine Kraft, die ihn in Einer Secunde in der Richtung von B nach C um das Stück BC fortbewegen würde, wenn sie allein auf ihn wirkte; zugleich wirke aber auch eine Kraft auf den Körper in B, die ihn in der Richtung von B nach E auch in Einer Secunde um das Stück BE fortstoßen würde, wenn sie allein wirkte. Es ist nun klar, daß der Körper von der Richtung BC abweichen werde, und zwar um so mehr, je stärker die andere auf ihn wirkende Kraft sein wird im Vergleich zu derjenigen Kraft, die ihn nach BC treiben würde. Da ihn gar nichts bestimmt als



die beiden auf ihn wirkenden Kräfte, so muß er sich in einer Richtung bewegen, deren Abweichung von der Richtung BC sich verhält zu der Abweichung von der Richtung BE wie die Stärke der Kraft, die ihn in Einer Secunde um BE treiben würde, zu der Stärke der Kraft, die ihn in Einer Secunde um BC treiben würde; und da sich bei gleichen Zeiten die Kräfte verhalten wie die zurückgelegten Wege, so muß sich die Abweichung der Richtung des durch beide Kräfte bewegten Körpers von BC verhalten zur Abweichung von BE = BE : BC. Diese Richtung ist die Diagonale AB des Parallelogramms EC, welches entstanden, indem CA parallel BE und AE parallel BC gezogen worden ist. Denn die Größe der Abweichung der Linie BA von der Richtung BC giebt für jeden Punkt derselben die Senkrechte von diesem Punkte nach der Richtung BC, also AF, A'F' u. s. w.; ebenso geben die Senkrechten AD, A'D' u. s. w. die Abweichungen der Richtung AB von der Richtung BE; es ist also nur zu beweisen, daß AD : AF = BC : BE = A'D' : A'F' u. s. w. Es ist aber W. ADE = AFC = R; W. EBC = AED = ACF; also Dr. AFC ∽ Dr. ADE; folglich AD : AF = AE : AC = BC : BE, und da A'F' parallel AF und A'D' parallel AD ist, so verhält sich auch A'D' : A'F' = CB : BE, wo auch A' in der Richtung BA angenommen werden mag. Nennen wir, der Kürze wegen, die nach BC wirkende Kraft k und die nach BE treibende Kraft K; so stoßen sie also bei ihrem gemeinschaftlichen Wirken den Körper in der Richtung BA fort; es fragt sich blos noch, wie viel Weges in Einer Secunde in dieser Richtung der Körper zurückgelegt wird. Denken wir, es wirke erst nur k auf den Körper, so käme er in einer Secunde bis C; wirkte nun, nachdem eine Aufhebung der Wirkung von k erfolgt wäre, K auf den Körper, so ging er in einer zweiten Secunde bis A (denn CA hat dieselbe Richtung, welche BE hat und ist = BE), beim Hintereinanderwirken von k und K käme also in zwei Secunden der Körper bis A, folglich wird er beim Zusammenwirken beider Kräfte in Einer Secunde bis A kommen, indem er sich in der Richtung BA bewegt. Andere Beweise dieses wichtigen Lehrsatzes finden sich in allen guten Lehrbüchern der Statistik, z. B. in Poisson traité méc., Laplace méc. cél., Möbius Statik u. s. w.

Ganz dieselbe Wirkung nun, welche hier die zwei Kräfte K und k gemeinschaftlich auf den Körper in B ausüben, würde eine Kraft K' ausüben, wenn sie von der Art wäre, daß sie den Körper in Einer Secunde in der Richtung BA um das Stück BA fortbewegte. Wirkt aber eine solche Kraft k' den beiden Kräften k und K in der Richtung AB entgegen, so würde durch dieselbe die Wirkung der Kräfte K und k gänzlich aufgehoben, es bliebe also der Körper gänzlich in Ruhe. Man sagt dann: die Kraft k' hält den Kräften K und k das Gleichgewicht. Jede zwei Kräfte kann man sich nach dem Vorigen in eine Kraft zusammengenommen denken, und umgekehrt kann man sich auch jede einzelne Kraft in zwei andere zerlegt denken. Mehr hierüber s. d. Art. Gleichgewicht.

Man hat besondere, Diagonalmaschinen (s. d. Art.) genannte, Vorrichtungen ersonnen, um die Wirkung zweier auf einen Körper wirkenden Kräfte zu versinnlichen.

Doch nicht bloß zwei, sondern auch mehrere Kräfte können auf einen Körper wirken. Stets wird sich eine gerade Linie angeben lassen, in deren Richtung sich der durch den Einfluß sämmtlicher Kräfte bestimmte Körper bewegen wird. Es sollen z. B. drei Kräfte K, K' und K'' auf einen Körper in A (s. nachfolgende Fig.)

wirken, und zwar mit einer Größe jeder einzelnen Kraft, daß K den Körper um AB, K′ um AC und K″ um AD in einer gewissen Zeiteinheit fortbewegen würde. So wissen wir aus dem Vorigen, daß die Kräfte K und K′ gemeinschaftlich wirkend, sich durch eine Kraft K‴ ersetzen lassen, welche den Körper um AE in derselben Zeiteinheit fortbewegen würde. Die Kräfte K‴ und K″ aber lassen sich wiederum ersetzen durch eine Kraft K⁗, welche den Körper um AF fortbewegegen würde, oder was dasselbe ist, wenn die Kräfte K, K′ und K″ auf einen Körper in A gleichzeitig wirken, so bewegen ie ihn um AF fort. Die Kraft K‴ heißt die aus K, K′ und K″ *zusammengesetzte Kraft*. Es ist nun klar, daß man beim umgekehrten Verfahren auch ede einzelne Kraft in eine beliebige Anzahl von Kräften zerlegen könne. — Die Zusammensetzung mehrerer Kräfte wird durch die s'*Gravesand*'sche *Diagonalmaschine* (s. d. Art.) veranschaulicht. — Viele Erfahrungen, die im allgemeinen Leben gemacht werden, lassen sich durch das Parallelogramm der Kräfte nachweisen. Will man z. B. über einen Strom gerade hinweg schwimmen, und man arbeitet deshalb mit seinem Körper ganz in der Richtung nach dem gerade ntgegengesetzten Punkte am jenseitigen Ufer zu, so wird man dennoch ein großes Stück unterhalb dieses Punktes an das jenseitige Ufer gelangen, weil man nothwendig die Diagonale der Richtung, welche man sich selbst giebt, und der Richtung er Strömung schwimmen mußte. So wird auch ein Schiff, in dessen Segel der Wind in einer Richtung bläst, die mit der des Stromes, auf welchem das Schiff ährt, einen gewissen Winkel macht, weder in der Richtung des Stromes noch in er Richtung des Windes, sondern in der Richtung der Diagonale des, aus den eiden erstern construirten, Parallelogramms sich fortbewegen.

Daß übrigens der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, welches offenbar uch zur *Zerlegung der Kräfte* dient, sich leicht auf eine beliebige Anzahl auf inen Punkt wirkender, nicht in einerlei Ebene liegender Kräfte ausdehnen läßt, t, weil sich durch zwei Punkte immer eine Ebene legen läßt, leicht einzusehen. benso auch, daß der Satz vom Parallelogramm der Bewegung oder Geschwindigeit dienen könne, eine Bewegung nach bestimmter Richtung in zwei andere Bewegungen nach verlangten Richtungen zu zerlegen, d. h. zu einer gegebenen resultirenden Bewegung die Componenten nach vorgeschriebenen Richtungen zu bestimmen.

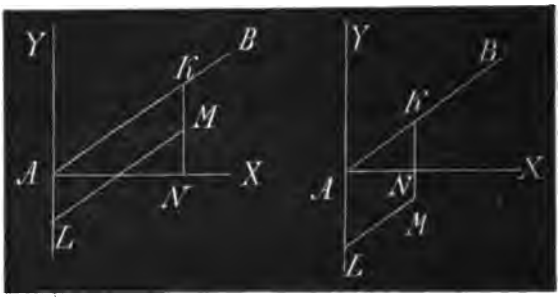
Die Geschwindigkeit V und der Weg S nach t Secunden für einen Punkt, dem wei gleichförmig beschleunigende Bewegungen durch die Beschleunigungen G und G_1 ach zwei verschiedenen, den Winkel α unter sich bildenden, Richtungen mitgetheilt erden, sind mit Rücksichtnahme früherer Sätze:

$$17)\quad \begin{cases} V = t\sqrt{G^2 + G_1{}^2 + 2\,G\,G_1\cos\alpha} \\ S = \frac{1}{2}t^2\sqrt{G^2 + G_1{}^2 + 2\,G\,G_1\cos\alpha} \end{cases}$$

. h. *zwei gleichförmig beschleunigte Bewegungen, welche ein Punkt nach verschiedenen Richtungen zu erhält, vereinigen sich o, daß eine mittlere gleichförmig beschleunigte Bewegung entteht, für welche die Diagonale des Parallelogramms aus den*

ursprünglichen Beschleunigungen die Richtung der Bewegung und die Beschleunigung angiebt.

F) Gleichförmige Bewegung nach einer bestimmten Richtung und gleichförmig beschleunigte Bewegung nach einer andern Richtung.



Wenn von einer momentan wirkenden Kraft ein schwerer Punkt A nach der Richtung AB mit der Anfangsgeschwindigkeit v geworfen wird, so muß, wenn diese Kraft allein auf A wirkte, zufolge der gleichförmigen Bewegung der Punkt A sich am Ende der Zeit t in K befinden, also AK = vt. Weil jedoch gleichzeitig die Schwere auf A wirkt, so würde diese, wenn sie allein wirkte, den Punkt A während der Zeit t von A an durch die auf der Horizontalen AX senkrechten, Gerade AL $= gt^2$ (2 g wie früher das Maß der beschleunigenden Kraft) treiben. Es fragt sich nun also, welche Bahn der Punkt A beschreiben wird, sobald die momentane Kraft und die Schwere gleichzeitig auf A einwirken. Es sei demnach AL unbeweglich und der schwere Punkt A bewege sich durch den freien Fall in der Zeit von A bis L. Während dieses Falles werde zugleich AL, sich selbst stets parallel, an AB so hin gleichförmig fortgeführt, daß AL am Ende der Zeit t in die der AL parallele Lage KM kommt. Dann aber ergiebt sich sehr leicht, daß der Punkt A am Ende der Zeit t in M sich befinden muß, welcher Punkt M, sobald durch K mit AL und durch L mit AB eine Parallele gezogen wird, sich als Durchschnittspunkt ergiebt. Um nun die Lage von M analytisch zu bestimmen, sei AX der positive Theil der Axe der x, AY (senkrecht auf AX) der positive Theil der Axe der y, so ist, wenn N der Durchschnittspunkt der nöthigenfalls verlängerten Geraden KM mit AX und KN die Senkrechte auf AX ist, offenbar allgemein $x = AK \cdot \cos XAB$, $y = AK \sin XAB - AL$. Setzt man hier den Winkel $XAB = \alpha$ und nimmt an, daß α kleiner als 90^0 bleibe, so ist dann nach dem Obigen

$$x = vt \cdot \cos \alpha, \quad y = vt \cdot \sin \alpha - gt^2.$$

Aus der erstern dieser Gleichungen ergiebt sich $t = \frac{x}{v \cos \alpha}$, und, wenn dieser Werth in die zweite Gleichung gesetzt wird:

$$18) \quad y = x \operatorname{tang} \alpha - \frac{g x^2}{v^2 \cos \alpha^2},$$

welche Gleichung ganz allgemein die Relation zwischen den Coordinaten irgend eines Punktes derjenigen Linie ausdrückt, die ein nach einer bestimmten Richtung getriebener oder geworfener schwerer Punkt beschreibt oder durchläuft. Die durchlaufene Linie heißt die Wurflinie oder Trajectorie des geworfenen Punktes, und die Gleichung 18) die Gleichung der Wurflinie, der Winkel α aber der Elevationswinkel. Verschwindet y, d. h. ist x die Abscisse des Durch-

ſchnittspunktes der Wurflinie mit der Horizontalen AX, ſo erhält man aus 18), daſelbſt $y = o$ und $x = W$ ſetzend, den Ausdruck

$$W = \frac{v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2 g},$$

oder auch

$$19)\quad W = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{2 g},$$

d. h. die Gleichung für die Wurfweite W. Dagegen wird die Höhe H des Wurfes, d. h. der größte Werth, den y überhaupt erreichen kann, nach bekannten Sätzen der Lehre vom Größten und Kleinſten durch die Gleichung

$$20)\quad H = \frac{v^2 \sin \alpha^2}{4 g}$$

beſtimmt. Aus 19) ergiebt ſich für $\alpha = 45^0$ offenbar der größte Werth von $W = \frac{v^2}{2 g}$, jedoch ſtets unter Vorausſetzung derſelben Geſchwindigkeit. Auch zeigt die Gleichung 19), daß den beiden Elevationswinkeln von der Form $\alpha = 45^0 + \delta$ und $\alpha = 45^0 - \delta$ gleiche Wurfweiten

$$W = \frac{v^2 \sin (90^0 + 2\delta)}{2 g} = \frac{v^2 \sin (90^0 - 2\delta)}{2 g}$$

d. h. $W = \frac{v^2 \cos 2\delta}{2 g}$

entſprechen. Ferner zeigt die Gleichung 20), daß für $\alpha = 90^0$ die größte Wurfhöhe $H = \frac{v^2}{4 g}$ ſtattfindet, jedoch ſtets unter der Vorausſetzung derſelben Geſchwindigkeit. Uebrigens wird durch die obige Gleichung $t = \frac{x}{v \cos \alpha}$ die Zeit t beſtimmt, welche der Punkt A braucht, denjenigen Ort ſeiner Bahn zu erreichen, deſſen Abſciſſe x iſt. Die Zeit T, welche der geworfene Punkt A braucht, den höchſten Punkt $\left(\text{deſſen Abſciſſe } X = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{4 g}\right)$ ſeiner Bahn zu erreichen, iſt $= \frac{v \sin \alpha}{2 g}$, die Zeit T_1 des ganzen Wurfes $\left(\text{wo die Abſciſſe } X_1 = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{2 g}\right)$ dagegen iſt $T_1 = \frac{v \sin \alpha}{g} = 2\,T$.

Wenn in nebenſtehender Figur die Curve ACD die Wurflinie, E den Mittelpunkt der Wurfweite AD, die auf AX ſenkrechte Gerade CE die Wurfhöhe bezeichnet; wenn man ferner C als den Anfang der x', CE als den poſitiven Theil der Axe der x', AE als den poſitiven Theil der Axe der y' annimmt, ſo iſt ganz allgemein.

$x = AE - y'$, $y = CE - x'$, d. h.

$x = \frac{1}{2} W - y'$, $y = H - x'$, oder, da nach den Obigen $= \frac{v^2 \sin 2\alpha}{2 g}$, $H = \frac{v^2 \sin \alpha^2}{4 g}$ iſt, in völliger Allgemeinheit:

$x = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{4g} - y'$, $y = \frac{v^2 \sin \alpha^2}{4g} - x'$. Führt man diese Werthe von x und y in die Gleichung 18) ein, so erhält man endlich

$$21) \quad y'^2 = \left(\frac{v^2 \cos \alpha^2}{g}\right) x',$$

d. h. die Gleichung der Wurflinie ist eine Parabel mit dem Parameter $\frac{v^2 \cos \alpha^2}{g}$. Dann ist (Fig. S. 821) CE die Axe dieser Parabel und C der Scheitel derselben. Man nennt aber die Gerade CE gewöhnlicher die Culminationshöhe oder Wurfhöhe.

Endlich ergeben sich mittelst der Gleichungen 18) und 21) für v und α folgende Ausdrücke:

$$21^*) \quad \begin{cases} v = \frac{x}{\cos \alpha}\sqrt{\frac{g}{x \operatorname{tg} \alpha - y}} = \frac{y'}{\cos \alpha}\sqrt{\frac{g}{x'}} \\ \cos \alpha = x\sqrt{\frac{1/2 - gy \pm \sqrt{1/2 - gy - g^2x^2}}{x^2 + y^2}} = \frac{y'}{v}\sqrt{\frac{g}{x'}}. \end{cases}$$

Die in diesem Abschnitte F) vorgetragenen Lehren und mitgetheilten Formeln bilden die theoretische Grundlage der Lehre von der Wurfbewegung. Man sehe deshalb den Art. Ballistik.

II. Bewegung ganzer Systeme von unter sich verbundenen materiellen Punkten.

Es lassen sich mehrere Sätze aufstellen, die größtentheils leicht einzusehen sind und nöthigenfalls auch geometrisch bewiesen werden können. 1) Wenn in einer geraden Linie zwei Punkte in Ruhe sind, so ist auch die ganze Linie in Ruhe; ist jedoch in der Linie nur ein Punkt in Ruhe, während alle übrigen Punkte sich bewegen, so ist die Bewegung eine drehende und der in Ruhe sich befindende Punkt heißt dann der Mittelpunkt der Umdrehung. — 2) Eine Ebene ruht, wenn drei nicht in gerader Linie liegende Punkte derselben in Ruhe sind; dagegen kann es in einer Ebene, in der sich ein Punkt bewegt, höchstens nur eine die Bewegung nicht theilende gerade Linie geben, welche man dann die Umdrehungsaxe nennt. — 3) Ein Körper ist bewegungslos, wenn in ihm drei Punkte sich nicht bewegen; sobald aber ein Punkt des Körpers in Bewegung ist, so kann höchstens eine gerade Linie im Körper in Ruhe sein. — 4) Bewegen sich sämmtliche Punkte eines Körpers, so läßt sich dieser in irgend eine Lage, die er dabei annimmt auch dadurch bringen, daß man einer in ihm befindlichen Geraden eine progressive Bewegung von bestimmter Länge und am Ende derselben eine rotatorische Bewegung um diese gerade Linie von bestimmter Ausdehnung giebt. — Wir wollen nun zuerst von dem

A) Maß der Kräfte

sprechen. Für zwei Körper mit den Massen M und M_1, welche durch die momentan wirkenden Kräfte P und P_1 gleiche Geschwindigkeit erhalten, findet das Verhältniß

$$22) \quad P : P_1 = M : M_1$$

ſtatt, d. h. Kräfte verhalten ſich wie die Maſſen, wenn jene dieſen gleiche Geſchwindigkeit mittheilen. Setzt man jetzt, eine dritte Kraft P_2 ſei fähig, der Maſſe M die Geſchwindigkeit v_1 zu ertheilen, und bedenkt man, daß bei gleichen Maſſen die Kräfte ſich wie die Geſchwindigkeiten verhalten müſſen, ſo erhält man

$$P : P_2 = v : v_1$$
$$P_2 : P_1 = M : M_1$$

und hieraus offenbar die ſehr wichtige Proportion:

$$23)\quad P : P_1 = Mv : M_1 v_1,$$

welche beſagt, daß die momentan wirkenden Kräfte ſich zu einander wie die Producte aus den bewegten Maſſen mit ihren Geſchwindigkeiten verhalten. Es werde jetzt die Stärke oder Intenſität derjenigen momentan wirkenden Kraft, z. B. P_1, die der Einheit der Maſſe eine der Längenmaßeinheit gleiche Geſchwindigkeit zu geben im Stande iſt, als die Einheit zum Meſſen dieſer Kräfte angenommen, alſo $P_1 = 1$, $M_1 = 1$, $v_1 = 1$, ſo erhält man nach Subſtitution dieſer Werthe in die Proportion 23) die Proportion $P : 1 = Mv : 1$ und hieraus die Gleichung

$$24)\quad P = Mv;$$

d. h. die Intenſität der momentan wirkenden, der Maſſe M die Geſchwindigkeit v mittheilende, Kraft wird durch das Product der Maſſe in die Geſchwindigkeit gemeſſen. Dieſes Product nennt man gewöhnlich die Quantität oder Größe der Bewegung, von der man alſo auch ſagen kann, daß ſie im directen Verhältniſſe der Maſſe und Geſchwindigkeit ſtehe. Setzt man dagegen in der Gleichung 23) $P_1 = P$, ſo muß dann auch $M_1 v_1 = Mv$ ſein, woraus die Proportion folgt:

$$24^*)\quad M : M_1 = v_1 : v,$$

d. h. wenn die Maſſen M, M_1 von zwei gleichen momentan wirkenden Kräften reſp. mit den Geſchwindigkeiten v, v_1 gleichförmig bewegt werden, ſo verhalten ſich die Maſſen ſtets umgekehrt wie die Geſchwindigkeiten. (In mehrern Lehrbüchern der Mechanik und Statik pflegt man den jetzt vorgetragenen Sätzen gewöhnlich noch „d'Alembert's allgemeines Princip der Mechanik", das aus drei Hauptſätzen beſteht, beizufügen. Aber dieſes Princip gehört ſeinem Weſen nach in die Statik; deshalb iſt die Darſtellung deſſelben in den Art. Gleichgewicht aufgenommen, auf den wir daher hier verweiſen müſſen.) Ganz ähnlich der Proportion in 22) kann man, wenn die conſtant wirkenden Kräfte P, P_1 die reſp. Beſchleunigungen G, G_1 erzeugen, annehmen:

$$P : P_1 = G : G_1,$$

d. h. conſtant wirkende, gleichen Maſſen verſchiedene Beſchleunigungen mittheilende, Kräfte verhalten ſich zu einander, wie dieſe Beſchleunigungen ſelbſt. Es werde nun eine dritte Kraft P_2 angenommen, die der Maſſe M die Beſchleunigung G_1 ertheilt, ſo iſt offenbar:

$$P : P_2 = G : G_1$$
$$P_2 : P_1 = M : M_1$$

und hieraus folgt dann leicht die wichtige Proportion

$$25)\quad P : P_1 = MG : M_1 G_1,$$

d. h. die beiden Verhältniſſe conſtant wirkender Kräfte und der Producte aus den bewegten Maſſen mit den von ihnen erzeugten Beſchleunigungen ſind gleich. Da ferner, dem Frühern zufolge $G = \frac{v}{t}$, $G_1 = \frac{v_1}{t_1}$ und $G = \frac{2s}{t^2}$, $G_1 = \frac{2s_1}{t_1^2}$ iſt, ſo kommen nach Subſtitution dieſer Werthe in die Proportion 25) die beiden neuen wichtigen Proportionen

$$26)\quad \begin{cases} P : P_1 = Mv : M_1 v_1 \text{ (wie in 23))} \\ P : P_1 = Ms : M_1 s_1 \end{cases}$$

welche beſagen, daß ſich conſtant wirkende Kräfte wie die Producte der bewegten Maſſen in die in gleichen Zeiten erlangten Geſchwindigkeiten verhalten und daß ſich conſtant wirkende Kräfte verhalten wie die Producte der bewegten Maſſen in die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege. Dieſe beiden Sätze kennt man unter dem Namen des Carteſianiſchen Kräftemaßes. Dagegen giebt die Subſtitution der Werthe von $G = \frac{v^2}{2s}$ und $G_1 = \frac{v_1^2}{2s_1}$ in die Proportionen 25) das Leibnitz'ſche Kräftemaß

$$27)\quad P : P_1 = Mv^2 : M_1 v_1^2,$$

nämlich die conſtanten Kräfte verhalten ſich wie die Producte der bewegten Maſſen in die Quadrate der nach Zurücklegung gleicher Wege erlangten Geſchwindigkeiten. Sei nun in 25) P_1 die Einheit, welche Kraft der Maſſe $M_1 = 1$ die Beſchleunigung $G_1 = 1$ mitzutheilen vermag, ſo erhält man aus 25)

$$P : 1 = MG : 1,$$

alſo für jede andere conſtant wirkende Kraft P die Gleichung

$$28)\quad P = MG,$$

mithin auch $G = \frac{P}{M}$ und folglich

$$29)\quad G : G_1 = \frac{P}{M} : \frac{P_1}{M_1}$$

wo $\frac{P}{M}$, $\frac{P_1}{M_1}$ gewöhnlich die beſchleunigenden Kräfte genannt werden, P und P_1 dagegen die bewegenden Kräfte. Statt der Proportion 29) läßt ſich auch die Proportion

$$30)\quad G : G_1 = \frac{P}{Q} : \frac{P_1}{Q_1}$$

ſetzen, wo Q, Q_1 die Gewichte der Körper bezeichnen, weil dieſelben bekanntlich unter gleichen Umſtänden ihren Maſſen proportional ſind. Die aus 30) ſich ergebende Gleichung $G \cdot \frac{P_1}{Q_1} = G_1 \cdot \frac{P}{Q}$ dient zur Vergleichung der, durch conſtante Kräfte den Körpern von beſtimmten Gewichten ertheilten, Beſchleunigungen. Für die Wirkung der Schwer- oder Anziehungskraft der Erde ſei $G_1 = g$, ſo kommt, da in dieſem Falle $\frac{P_1}{Q} = 1$ wird, offenbar $GQ : gP$, d. i. $G = g\frac{P}{Q}$ oder auf

Worten: die constant wirkende Kraft P ertheilt einem das Gewicht Q besitzenden Körper eine Beschleunigung G, welche gleich ist der Beschleunigung der Schwerkraft multiplicirt mit dem Quotienten des Gewichts in die Kraft. Es lassen sich übrigens aus der letzten Gleichung $G = g \cdot \frac{P}{Q}$ noch sehr viele andere, specielle Folgerungen ziehen, die hier anzuführen jedoch der Raum fehlt.

B. Gleichförmige und ungleichförmige Bewegung schwerer Körper.

α) Gleichförmige Bewegung schwerer Körper ohne Berücksichtigung der Reibung und des Widerstandes.

Da nach 24) $P = Mv$ und überdies, wie man leicht einsehen wird, $P = Qv$ ist (weil statt der bewegten Masse M auch deren Gewicht Q gesetzt werden kann); so ist, da nach 3) $s = vt$, auch

$$31)\quad s = \frac{P}{Q} \cdot t,$$

welche Gleichung als die Fundamentalgleichung für die gleichförmige Bewegung eines Körpers mit dem Gewichte Q, auf den die momentan wirkende Kraft P einwirkt, angesehen wird. In 31) wird P durch eine Längen- und Q durch eine Gewichtseinheit bestimmt, und bekommt also den Doppelnamen Fußpfund, Meterkilogramm ꝛc.

β) Gleichförmig beschleunigte Bewegung schwerer Körper ohne Berücksichtigung der Reibung und des Widerstandes. Hat ein Körper vom Gewichte Q bereits die Anfangsgeschwindigkeit c, und wirkt die constante Kraft P auf Q in derselben oder in entgegengesetzter Richtung, so wird man, mit Hülfe der frühern hierher gehörigen Gleichungen, die folgenden allgemeinen Ausdrücke

$$32)\quad \begin{cases} v = c \pm g \frac{P}{Q} \cdot t \\ s = ct \pm \frac{1}{2} g \frac{P}{Q} \cdot t^2 = \frac{c^2 - v^2}{2g} \cdot \frac{Q}{P} \\ s = \frac{v + c}{2} \cdot t = vt \mp \frac{1}{2} G \cdot \frac{P}{Q} \cdot t^2 \end{cases}$$

und aus diesen die für den Fall, wo $c = o$ ist, giltigen besondern Formeln

$$33)\quad \begin{cases} v = \pm g \frac{P}{Q} \cdot t \\ s = \pm \frac{1}{2} g \frac{P}{Q} \cdot t^2 = -\frac{v^2}{2g} \cdot \frac{Q}{P} \\ s = \frac{v}{2} \cdot t = vt \mp \frac{1}{2} G \cdot \frac{P}{Q} \cdot t^2 \end{cases}$$

leicht erhalten.

γ) Ungleichförmig veränderte Bewegung schwerer Körper ohne Berücksichtigung der Reibung und des Widerstandes. Wirkt bei einer ungleichförmig veränderten Bewegung die veränderliche Kraft P

auf einen das Gewicht Q beſitzenden Körper, ſo muß die Beſchleunigung der Kraft gleich der Größe g multiplicirt mit dem Quotienten $\frac{P}{Q}$ angenommen werden.

C. Gleichförmige Bewegung und Schwungkraft (Centrifugalkraft) im Kreiſe.

Es ſei in einen Kreis vom Halbmeſſer r ein regelmäßiges n ſeitiges Polygon beſchrieben, und es bewege ſich auf deſſen Umfange ein Punkt ſtets ſo, daß er jede Seite s dieſes Polygons in der Zeit t gleichförmig durchlaufe, ſo muß in jeder Ecke des Vielecks auf den ſich bewegenden Punkt eine nach dem Centrum des Kreiſes gerichtete Kraft von ſolcher Stärke wirken, daß ſie, allein auf den ſich bewegenden Punkt wirkend gedacht, dieſen letztern in der Zeit t den durch $\frac{s^2}{r}$ dargeſtellten Weg beſchreiben laſſen würde. Denkt man ſich nun die erwähnte Kraft am Anfange eines jeden der t gleichen Zeitintervalle als eine gleichförmig beſchleunigende Kraft nach derſelben Richtung hin auf den Punkt wirkend, ſo legt dieſer in der Zeit nt, d. h. in der Zeit des Umlaufs des Punktes auf dem Umfange u des Polygons, den Weg

$$\frac{s^2}{r} + 2\frac{s^2}{r} + 3\frac{s^2}{r} + \ldots + (n-1)\frac{s^2}{r} + n\frac{s^2}{r},$$

d. h. den Weg $\frac{n(n+1)}{2} \cdot \frac{s^2}{r}$ zurück. Aber $s = \frac{u}{n}$, und alſo jener Weg $= \frac{n(n+1)}{2} \cdot \frac{u^2}{n^2 r}$ oder auch $= \left(1 + \frac{1}{n}\right)\frac{u^2}{2r}$. Wird jetzt n unendlich groß angenommen und geht alſo u in den Umfang u des Kreiſes über, ſo erhält man den Weg $\frac{p^2}{2r}$. Es ergiebt ſich ſonach das ſehr wichtige Reſultat: **Wenn ein Punkt ſich auf der Peripherie p eines Kreiſes vom Halbmeſſer r gleichförmig bewegt und wenn T die Zeit eines ganzen Umlaufes auf p ausdrückt, ſo muß in jedem Punkte von p auf den ſich bewegenden Punkt eine nach dem Kreis-Mittelpunkte gerichtete Kraft von ſolcher Stärke wirken, daß ſie, als eine ſtets gleichförmig beſchleunigende Kraft nach einer gewiſſen Richtung hin auf einen Punkt wirkend, dieſen letztern in der Zeit T den Weg $\frac{p^2}{2r}$ beſchreiben laſſen würde.** — Sei jetzt γ der auf dieſe Weiſe von dem Punkte in der Zeiteinheit durchlaufene Weg, ſo hat man nach dem Vorhergehenden und nach den weiter oben angegebenen Sätzen von der gleichförmig beſchleunigten Bewegung $\gamma F^2 = \frac{p^2}{2r}$, mithin $\gamma = \frac{p^2}{2r T^2}$, d. h. weil $p = 2r\pi$, $\gamma = \frac{2r\pi^2}{T^2}$. Sei ferner v die Geſchwindigkeit des ſich auf p gleichförmig bewegenden Punktes, ſo hat man $p = vT$, alſo nach dem Vorigen auch $\gamma = \frac{v^2}{2r}$, und wenn endlich durch F die mehr erwähnte Stärke oder Intenſität bezeichnet wird, nach der Lehre von der gleichförmig beſchleunigten Bewegung $F = 2\gamma$, folglich nach dem Vorhergehenden auch

33*) $F = \frac{p^2}{r T^2}$, $F = \frac{4 r \pi^2}{T^2}$, $F = \frac{v^2}{r}$,

in welchen Ausdrücken eine gleichförmige, in der ersten Zeiteinheit eine der angenommenen Längeneinheit gleiche Geschwindigkeit erzeugende, Kraft die Krafteinheit ist. Die Größe F nun heißt die Flieh- oder Schwungkraft im Kreise oder auch die Centrifugalkraft, weil sie die Größe des Bestrebens angiebt, mit welchem sich ein auf der Peripherie eines Kreises sich gleichförmig bewegender Punkt in jedem Punkte seiner Bahn nach der verlängerten Richtung des nach diesem Punkte gezogenen Radius von dem Kreismittelpunkte zu entfernen sucht. Wir wollen jedoch den Begriff von der Centrifugalkraft noch auf eine andere Weise deutlich zu machen suchen. Wenn auf einen Körper, der auf einer krummen Fläche bleiben muß, beschleunigende Kräfte wirken, so wird der Körper einen Druck gegen diese Fläche in der Richtung der Normale ausüben, mithin einen Druck, welcher von den Kräften abhängt. Bewegt sich jedoch der Körper, so findet dann noch ein anderer Druck, gleichfalls in der Richtung der Normale, statt, welcher von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängig ist. Dieser andere Druck nun ist das, was man die Centrifugalkraft nennt. Es sei z. B. eine Hohlkugel gegeben, in welcher eine kleine Kugel liegt, die, wenn sie in Ruhe ist, den untersten Punkt der innern größern Kugelfläche einnimmt, also gegen diese einen dem Gewichte derselben proportionalen Druck ausüben wird. Bewegt man nun die Hohlkugel, so wird die in ihr liegende kleine Kugel sich pendelartig hin und her bewegen und kommt sie in dem untersten Punkte an, in welchem sie vorher in Ruhe gewesen, so wird sie hier nicht allein mehr jenen von der Schwere entstehenden Druck, sondern auch noch einen andern (die Centrifugalkraft) ausüben, die von der Geschwindigkeit abhängt, welche in diesem Punkte am größten ist. Wir kehren nun zu unserm Gegenstande zurück. Für einen andern Kreis vom Radius r_1 wird man nach 3*) haben:

$$F_1 = \frac{p_1^2}{r_1 T_1^2}, \quad F_1 = \frac{4 r_1 \pi^2}{T_1^2}, \quad F_1 = \frac{v_1^2}{r_1};$$

mithin $F : F_1 = \frac{r}{T^2} : \frac{r_1}{T_1^2} = \frac{v^2}{r} : \frac{v_1^2}{r_1}$.

Aus diesen Proportionen ergiebt sich ohne Weiteres

34) $\begin{cases} \text{für } r_1 = r \ldots . & F : F_1 = T_1^2 : T^2 = v^2 : v_1^2 \\ \text{für } v_1 = v \ldots . & F : F_1 = r_1 : r \\ \text{für } T_1 = T \ldots . & F : F_1 = r : r_1 \end{cases}$

d. h. mit Worten: 1) In gleichen Kreisen verhalten sich die Fliehkräfte umgekehrt wie die Quadrate der Umlaufszeiten und gerade wie die Quadrate der Geschwindigkeiten; 2) bei gleichen Geschwindigkeiten verhalten sich die Schwungkräfte umgekehrt wie die Kreishalbmesser und 3) bei gleichen Umlaufszeiten verhalten sich die Fliehkräfte wie die Kreishalbmesser. Von diesen besondern Sätzen kann man leicht zu dem allgemeinen Schlusse gelangen, daß für irgend eine Curve die Centrifugalkraft dem Quadrate der Geschwindigkeit dividirt durch den Krümmungshalbmesser der Curve gleich ist (Poisson, traité de mécanique, §§. 249, 255).

Dies ist die ganze Theorie der Schwungkraft im Kreise, in welcher viele oft uns alltägliche Erscheinungen ihre Erklärung finden. So spannt ein an einen

Faden gebundener und mittelſt deſſelben um die Hand geſchwungener ſchwerer Körper den Faden. Schleifſteine zerſpringen oft in Folge der zu ſtarken Fliehkraft. Wenn man einen Reifen zwar gleichmäßig, aber mit großer Schnelligkeit im Kreiſe ſchwingt, und in dieſem Reifen ſteht ein mit Waſſer angefülltes Glas, ſo bleibt nicht nur letzteres während des Umſchwingens des Reifens in dieſem ſtehen, ſondern es wird auch nichts von der Flüſſigkeit verſchüttet. Eier in einem Korbe fliegen nicht aus demſelben heraus, ſobald man den Korb an ſeinem Henkel raſch umſchwingt.

Die Theorie der Schwungkraft im Kreiſe läßt ſich nun auf die um eine Axe bewegende, aber für jetzt nur als genau kugelförmig angenommene Erde anwenden. Sei C der Mittelpunkt der Erde, r deren Halbmeſſer, M ein Punkt auf der Erdoberfläche in der geographiſchen Breite φ und $\mathfrak{S}$ die Schwere, als eine Kraft betrachtet, die alle Körper auf der Erdoberfläche nach dem Erdmittelpunkte hinzieht. Die Fliehkraft Φ läßt ſich, wenn man den Radius CM über M hinaus verlängert und die Tangente des durch M gehenden Erdmeridians ziehet, in die in M wirkenden Seitenkräfte $\Phi \cos \varphi$ und $\Phi \sin \varphi$ zerlegen; folglich können $\mathfrak{S}$ und Φ offenbar auf die Kräfte $\mathfrak{S} - \Phi \cos \varphi$ und $\Phi \sin \varphi$ reducirt werden, von welchen die erſte von M nach C hin, die andere nach der Tangente des durch M gehenden Meridians in dem Punkte M wirkt. Dann iſt aber offenbar die Reſultirende dieſer beiden Kräfte die in M wirkende Schwere, wie ſie ſich auf der Erde den Beobachtungen zufolge zeigt; ſie möge durch Σ bezeichnet werden, durch w aber der von ihrer Richtung und von CM eingeſchloſſene ſpitze Winkel. Es iſt dann

$$35) \quad \begin{cases} \Sigma = \sqrt{\mathfrak{S}^2 - 2\,\mathfrak{S}\,\Phi \cos\varphi + \Phi^2} \\ \operatorname{tang} w = \dfrac{\Phi \sin \varphi}{\mathfrak{S} - \Phi \cos \varphi}. \end{cases}$$

Wenn nun F, S, ϱ reſp. die Fliehkraft und die Schwere unter dem Aequator, ſowie den Halbmeſſer des Parallelkreiſes von M bezeichnen, ſo erhält man erſtlich nach dem Obigen $F : \Phi = r : \varrho$, und weil $\varrho = r \cos \varphi$, auch $F : \Phi = 1 : \cos \varphi$, d. h. $\Phi = F \cos \varphi$, und zweitens nach Subſtitution dieſes Werthes von Φ in die Gleichungen 35) die beiden Ausdrücke:

$$36) \quad \begin{cases} \Sigma = \sqrt{\mathfrak{S}^2 - (2\,\mathfrak{S} - F)\,F \cos \varphi^2} \\ \operatorname{tang} w = \dfrac{F \sin 2\varphi}{2\,(\mathfrak{S} - F \cos \varphi^2)} \end{cases}$$

aus denen für $\varphi = 0$ die Gleichungen

$$\begin{matrix} \Sigma = \sqrt{\mathfrak{S}^2 - 2\,\mathfrak{S}.\,F + F^2}, \text{ d. h. } \Sigma = \mathfrak{S} - F \\ \operatorname{tang} w = 0 \end{matrix}$$

folgen. Aus dieſen Gleichungen ergiebt ſich übrigens ſehr leicht, daß der Werth von Σ gleichzeitig mit der geographiſchen Breite wachſen, d. h. vom Aequator nach jedem der beiden Pole zu fortwährend zunehmen muß. — Iſt nun T die Rotationszeit der Erde, ſo hat man nach der zweiten der Gleichungen 33) $F = \frac{4\,r\,\pi^2}{T^2}$, alſo auch $F = \frac{4\,r\,\pi^2}{ST^2} \cdot S$, und daher nach der obigen Gleichung $\Sigma = \mathfrak{S} - F$ endlich $S = \mathfrak{S} - \frac{4\,r\,\pi^2}{ST^2} \cdot S$ und hieraus $\mathfrak{S} = \left(1 + \frac{4\,r\,\pi^2}{ST^2}\right) S$,

daher auch $\frac{F}{\mathfrak{S}} = \frac{4r\pi^2}{ST^2} : 1 + \frac{4r\pi^2}{ST^2}$ oder $F = \frac{4r\pi^2}{ST^2}.\mathfrak{S} : 1 + \frac{4r\pi^2}{ST^2}$.
Nimmt man hier $r = 6376466$ Meter, $S = 9{,}77942$ (aus Pendelverſuchen abgeleitet) an, ſo erhält man, da $T = 86164$ Secunden iſt:

$$F = \frac{1}{289} S = \frac{1}{290} \mathfrak{S},$$

was hinreichend genau iſt. Der Winkel w iſt immer ein ſehr kleiner Winkel, denn nach dem Obigen (36)) erhält man leicht $\operatorname{tang} w = \frac{\frac{F}{\mathfrak{S}} \sin\varphi \cos\varphi}{1 - \frac{F}{\mathfrak{S}} \cos\varphi^2}$ und $\frac{F}{\mathfrak{S}}$ iſt nach dem Vorhergehenden ein ſehr kleiner Bruch. Man wird nun aber zufolge einiger Transformationen und unter der erlaubten Annahme von $\cos w = 1$ auf den, in der Lehre vom Pendel bekannten, Ausdruck

$$\Sigma = S + F \sin\varphi^2$$

kommen, und, wenn A die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator, L aber deſſen Länge unter der Breite φ bezeichnet, alsdann nach der Theorie des einfachen Pendels die Proportion

$$A : L = S : S + F \sin\varphi^2$$

$$\text{oder } A : L = 1 : 1 + \frac{F}{S} \sin\varphi^2$$

ſetzen können. Hieraus folgt

$$L = A + \left(\frac{A F}{S}\right) \sin\varphi^2.$$

Setzt man der Kürze wegen die beſtändige Größe $\frac{A F}{S} = B$, ſo kommt:

$$37)\quad L = A + B \sin\varphi^2,$$

d. h. die von dem Aequator an gerechneten Zunahmen der Pendellängen ſind den Quadraten der Sinus der reſpectiven geographiſchen Breiten proportional (Weitere Ausführungen über dieſen wichtigen Gegenſtand wird man in dem Art. Pendel (Centrifugalpendel) antreffen). Das in dieſem Abſchnitte Vorgetragene, mithin die Wirkungen der Schwungkraft, laſſen ſich durch Verſuche mittelſt der ſogenannten Schwung- oder Centrifugalmaſchine (ſ. d. Art. Schwungmaſchine) augenſcheinlich nachweiſen. Ueberhaupt kommt die Schwungkraft bei allen Körpern in Betracht, welche ſich um eine feſte Axe bewegen, deren Theile folglich Kreislinien beſchreiben, wie z. B. bei den Maſchinen vieler Arten, weil deren Bewegungen zum größten Theil Bewegungen um eine feſte Rotationsaxe ſind; ferner bei den Wirbeln mancher Flüſſigkeiten ꝛc.

In dieſem Abſchnitte iſt wegen der Kürze und Einfachheit in der Darſtellung die Erde als eine vollkommene Kugel angenommen worden, was ſie aber bekanntlich in der That nicht iſt. Will man daher die Wirkungen der Schwungkraft genauer beſtimmen, ſo muß man dieſe Beſtimmung unter drei Vorausſetzungen vornehmen: 1) Die Erde iſt ein durch Umdrehung einer Ellipſe um deren kleine Axe entſtandenes Sphäroid; 2) alle Körper auf der Erdoberfläche werden von einer anziehenden Kraft, der wahren Schwere, nach dem Erdmittelpunkte hingezogen und

3) die Richtungen der Schwere, sowie sich dieselbe auf der Erde den Beobachtungen zeigt, sind Normalen der Erdoberfläche. Die weitere Ausführung dieses Gegenstandes würde aber hier zu vielen Raum erfordern, auch Leser voraussetzen, die mit der Theorie der Kegelschnitte vollkommen vertraut sind; wir verweisen daher unter andern auf Grunerts schon angeführtes Lehrbuch der Physik: Anhang S. 305 bis 311.

D. Centralbewegung und Centralkräfte im Allgemeinen.

Centralbewegung ist die, durch eine einen Körper ununterbrochen nach demselben Punkte (Mittelpunkte) hinziehende Kraft hervorgebrachte Bewegung, während der Körper durch eine momentan wirkende Kraft eine seitwärts gehende Bewegung erhalten hat. Diese Bewegung ist immer eine krummlinige. Beide so auf den Körper wirkende Kräfte heißen Centralkräfte, und zwar heißt die den Körper nach dem Mittelpunkte hinziehende die Centripetalkraft (v. d. lat. centrum, Mittelpunkt und petere erstreben), welche ein eben so großes Bestreben des Körpers, sich in der den Körper mit dem Mittelpunkte der Anziehung verbindenden Geraden zu entfernen, die Flieh- oder Centrifugalkraft aufhebt, die andere Kraft, weil sie den Körper in einer geraden Linie fortzustoßen sucht, welche eine Tangente an die krumme Linie ist, in der er sich wirklich bewegt: Tangentialkraft. Die Verbindungslinie zwischen dem sich bewegenden Körper und dem Mittelpunkte der Anziehung heißt der Leitstrahl oder Radius vector.

Daß aber durch das Zusammenwirken zweier Kräfte in angegebener Art eine krummlinige Bewegung entsteht, läßt sich zeigen. Gesetzt, auf den Körper in A

wirke eine Kraft in der Richtung Ab, die ihn in einer Secunde bis B fortbewegen würde, und zugleich ziehe den Körper eine Kraft nach C, die ihn in einer Secunde bis D fortstoßen würde, so bewegt sich (nach dem Satze vom Parallelogramme der Kräfte) der Körper in der Diagonale AF des Parallelogrammes DB bis F. Bewegte sich nun der vorher in A, jetzt in F befindliche Körper von F an mit der ihm in dem Augenblicke, wo er in F ankommt, eigenthümlichen Geschwindigkeit und Richtung fort, also in der Richtung Ag, so legte er in der zweiten Secunde einen Weg FG = AF zurück. Wirkt dagegen auf den Körper in dem Augenblicke, wo er sich in F befindet, noch eine Kraft auf ihn, die ihn, allein wirkend in der Richtung FC bis L fortstoßen würde, so bewegt sich in der zweiten Secunde der Körper von F nicht in der Richtung Fg, auch nicht in der Richtung FL, sondern in der Diagonale FH des Parallelogrammes LG bis H. So finden wir den Weg des bewegten Körpers unter den gemachten Bedingungen als die gebrochene Linie AFH. Die gemachten Bedingungen aber waren, daß 1) eine Kraft den Körper von A aus in der Richtung Ab fortstieß, 2) daß alle Secunden eine Kraft den Körper in der Richtung nach C zöge. So fanden wir als Weg eine gebrochene Linie. Wirkt nun die zweite Kraft nicht bloß alle Secunden aufs neue auf den Körper, sondern, wie bei der Centralbewegung der Fall ist, ununterbrochen, so ist leicht zu begreifen, daß die einzelnen geradlinigen Stücke der gebrochenen Linie, welche den Weg des Kör-

vers bezeichnet, in diesem Falle unendlich klein werden müssen, d. h. daß den Weg des Körpers eine krumme Linie darstellt. Die Centralbewegung ist folglich immer krummlinig. In der obenstehenden Figur wurde vorausgesetzt, daß nicht fortwährend, sondern nur von Secunde zu Secunde eine Kraft nach C wirke. Leicht ergiebt sich, daß die Sectoren ACF und CFH, welche von einer Secunde zur andern, also in gleichen Zeiten, durch den bewegten Körper beschrieben werden, gleich sind. Denn man ziehe die Hülfslinie CG; so ist Dr. CFH = Dr. CGF (weil sie gemeinschaftliche Grundlinie CF und gleiche Höhe haben, als gelegen zwischen denselben Parallellinien CF und HG); es ist aber Dr. CGF = Dr. ACF (weil sie gleiche Grundlinien, GF = AF, und gleiche Höhe haben); folglich ist Dr. ACF = Dr. CFH, welches bewiesen werden sollte. Wie klein aber auch die geraden Linien AF und FH werden mögen, die Sectoren, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden, müssen immer gleich sein, also auch in dem Falle, wenn diese Linien unendlich klein werden, d. h. wenn die Bewegung eine Centralbewegung wird. So haben wir das wichtige Gesetz: daß bei der Centralbewegung in gleichen Zeiten gleiche Sectoren beschrieben werden. Bei ungleichen Zeiten verhalten sich die Zeiten wie die Sectoren.

Dieses ist das eine der von ihrem Erfinder benannten Kepler'schen Gesetze. Die Bewegung jedes Planeten ist eine Centralbewegung. Uebrigens zeigen die theoretischen Untersuchungen noch, daß, wenn die Centripetalkräfte sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Entfernungen der bewegten Körper vom Mittelpunkte, dann die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen. Siehe hierüber d. Art. Planeten.

Aus dem Satze, daß bei der Centralbewegung die Sectoren sich immer verhalten, wie die Zeiten, in denen sie von dem bewegten Körper beschrieben werden, läßt sich die Art der Bewegung, ob sie nämlich fortwährend von derselben Geschwindigkeit, oder bald beschleunigt, bald verzögert sei, für die verschiedenartigen krummen Linien, in denen ein Körper sich bewegen kann, bestimmen. Bewegt sich ein Körper in einem Kreise, auf dessen Mittelpunkt zu die Centripetalkraft wirkt, so wird die Bewegung des Körpers eine durchaus gleichmäßige sein. Denn da zu gleichen Sectoren immer gleiche Bogen gehören, in gleichen Zeiten aber gleiche Sectoren zurückgelegt werden, so müssen in gleichen Zeiten auch immer gleiche Bogen der Bahn von dem bewegten Körper beschrieben werden. Anders ist es, wenn der Körper sich in einer Ellipse bewegt, nach deren Brennpunkt zu die Centripetalkraft wirkt. Nebenstehende Fig. stellt eine Ellipse ADBE dar, S ist der Brennpunkt und der Punkt, nach welchem hin die Centripetalkraft wirkt. Der Körper bewege sich in P mit einer Geschwindigkeit, daß er in einer bestimmten Zeit z. B. in einer Secunde den Bogen PO zurücklegt; ist er später in M angelangt, so muß er sich dort mit einer Geschwindigkeit bewegen, daß er in der nämlichen Zeit, also nach der Annahme in einer Secunde, einen Sector MSN beschreibt, welcher gleich OSP ist. Wenn aber MSN = OSP sein soll, so muß der Bogen MN, welchen von M aus der bewegte Körper in der angenommenen Zeit zurücklegt, viel kleiner als OP sein,

weil auf der Seite von A in der Ellipſe die Sectoren viel länger werden, als auf der Seite von B; d. h. der Körper wird ſich auf der Seite von A viel langſamer bewegen als auf der Seite von B. Die Betrachtung der Figur lehrt, daß die Geſchwindigkeit des Körpers in B am größten ſein wird, von da abnehmen wird, bis ſie bei A am langſamſten geworden, nun aber wieder immer mehr zunimmt, bis ſie bei B wieder am größten geworden iſt. Je mehr ſich alſo ein Körper in der Centralbewegung dem Centrum (Mittelpunkte, Punkt, nach dem hin die Centripetalkraft wirkt) nähert, deſto ſchneller bewegt er ſich, aber auch deſto langſamer, je mehr er ſich von demſelben entfernt.

Die Theorie zeigt übrigens, daß man dies auch allgemein ſo ausdrücken könne: Die Geſchwindigkeiten an zwei verſchiedenen Punkten einer Bahn, welche durch eine Centralbewegung entſteht, verhalten ſich umgekehrt, wie die vom Mittelpunkte der Anziehung an die beiden Punkte in der Bahn gezogenen Perpendikel.

Man ſieht leicht ein, daß der einfachſte Fall für eine Centralbewegung der ſein muß, wo die Bahn eine kreisförmige iſt, weil nämlich hier die Leitſtrahlen für jeden Punkt der Bahn gleich groß, d. h. dem Kreishalbmeſſer gleich ſind. Die Geſchwindigkeit an verſchiedenen Punkten der Bahn muß folglich auch gleich groß bleiben; die Bewegung iſt mithin eine gleichförmige, und weil in gleichen Zeiten gleich große Bogen durchlaufen werden und daher der Körper in dieſen Bogen auch jedesmal um gleich viel von ſeiner tangentialen Richtung zurückgezogen wird, ſo iſt die Größe der Centripetalkraft für jeden Punkt der Bahn ebenfalls gleich groß. Hieraus nun ergiebt ſich das wichtige Reſultat: Die Centralbewegung im Kreiſe iſt eine gleichförmige und die Centripetalkraft an allen Punkten der Bahn gleich groß.

Noch wird hier der paſſende Ort ſein, mit einigen Worten der Entſtehung der Bahnen der Himmelskörper durch ihre anfängliche Geſchwindigkeit und der Beſtimmung der letztern zu gedenken. Die nach ihrer Entfernung veränderliche Centralkraft der Sonne und die durch einen Stoß entſtandene Tangentialkraft führen die Planeten in elliptiſchen Bahnen um die Sonne. Würde die erſtere Kraft allein auf einen Planeten wirken, ſo würde dieſer eine auf die Sonne gerichtete gerade Linie beſchreiben. Die an ſich conſtante Tangentialkraft wirkt zwar nach dem Geſetze der Trägheit ohne Aufhören fort, aber ſie wird zugleich in ihrer Größe und Richtung verſchiedentlich durch die veränderliche Centralkraft modificirt; wirkte alſo die Tangentialkraft allein auf den Planeten, ſo würde er in einer geraden von der Sonne abwärts gerichteten Linie fortgehen. Weil aber beide Kräfte ſtets gleichzeitig auf den Planeten wirken, ſo muß er, dem Obigen zufolge, eine gekrümmte Bahn und zwar eine Ellipſe beſchreiben, in deren einem Brennpunkte die Sonne ſich befindet. Die Krümmung dieſer Ellipſe in jedem Augenblicke wird aber offenbar von der Stärke des erſten Stoßes und von der Stärke der Anziehung des Sonnenkörpers abhängen; letztere iſt nach dem Obigen wieder abhängig von der Entfernung des Planeten von der Sonne. Sind nun die Wirkungen beider Kräfte in dem Augenblicke, wo der Planet ſich zu bewegen anfing, gleich geweſen, ſo daß ſeine Entfernung von der Sonne dann ſich ſtets gleich blieb, ſo mußte eine vollkommen kreisförmige Bahn entſtehen. Sobald aber die urſprüngliche Geſchwindigkeit nur im geringſten kleiner oder größer iſt, als zur Kreisbahn erforder-

wird, so muß auch der Himmelskörper der Tangente seiner Bahn weniger oder mehr folgen, mithin seine Entfernung von der Sonne kleiner oder größer werden. Die entstehende Bahn wird also nicht ein Kreis, sondern eine Ellipse werden, und zwar eine solche, in welcher der Ort des Entstehens des Planeten respective die Sonnenferne oder die Sonnennähe ist. Allein Ellipsen können nicht immer entstehen, weil ein Körper, der von einer umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung wirkenden Kraft gegen einen festen Punkt angezogen wird, nur überhaupt einen Kegelschnitt beschreiben wird. Nun sei zuerst angenommen, der Planet wäre in seinem Perihel entstanden; ferner sei q die, in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn ausgedrückte, Entfernung des Perihels vom Sonnen-Mittelpunkte, c die anfängliche Geschwindigkeit des Planeten, deren Richtung offenbar senkrecht auf die große Axe der Bahn gewesen, also c der vom Planeten in der ersten Zeitsecunde zurückgelegte, in geographischen Meilen ausgedrückte Weg. Es findet sich alsdann durch Rechnung, daß der Planet,

$$\left.\begin{array}{lll} \text{wenn } c = 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{q}} & \text{ist,} & \text{eine Parabel} \\ \text{„ } c < 4{,}104013\sqrt{\frac{q}{2}} & \text{„} & \text{„ Ellipse} \\ \text{„ } c > 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{q}} & \text{„} & \text{„ Hyperbel} \end{array}\right\} \text{beschreiben muß,}$$

dagegen

einen Kreis, wenn $c = \frac{4{,}104013}{\sqrt{q}}$ ist, und wieder

eine Ellipse, wenn $c < \frac{4{,}104013}{\sqrt{q}}$ ist, jedoch im letzteren Falle bloß, wenn der Entstehungsort des Planeten sein Aphelium gewesen ist. Hiernach erhält man folgende tabellarische Uebersicht:

Anfängliche Geschwindigkeit in einer Secunde	Anfang in der	Bahn
von 0,01 bis 12,97 Meilen	Sonnenferne	Ellipsen
12,98 Meilen	„	ein Kreis
von 12,99 bis 18,34 Meilen	Sonnennähe	Ellipsen
18,35 Meilen	„	eine Parabel
von 18,36 bis ∞ Meilen.	„	Hyperbeln.

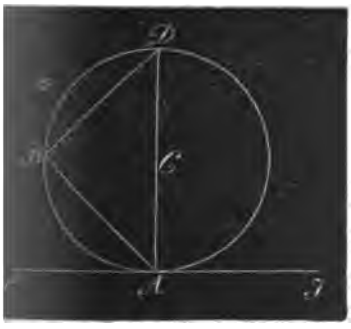
Sei zweitens angenommen, der Planet wäre in seinem Aphel entstanden; ferner sei q^1 die, ebenfalls in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn ausgedrückte, Entfernung des Aphels vom Sonnen-Mittelpunkte. Man wird dann den obigen ganz analoge Ausdrücke erhalten. Weil man nun die Werthe der großen Axen und Excentricitäten der Planetenbahnen kennt, so finden sich folgende anfängliche Geschwindigkeiten, denen wegen unmittelbarer Vergleichung die wahren beobachteten Geschwindigkeiten beigefügt sind:

Planet	Anfängliche Geschwindigkeit		Wahre beobachtete Geschwindigkeit in der Ellipse		
	für die Parabel	für den Kreis	in d. mittl. Entfernung	im Perihel	[illegible]
Merkur . .	9,64	6,82	6,91	8,34	[illegible]
Venus. . .	7,06	4,99	4,95	4,99	[illegible]
Erde . . .	6,28	4,16	4,20	4,28	[illegible]
Mars . . .	4,86	3,44	3,42	3,74	[illegible]
Jupiter . .	2,63	1,86	1,84	1,94	1,76
Saturn . .	1,94	1,37	1,36	1,44	1,29
Uranus . .	1,37	0,97	0,96	1,01	0,92

Aus den Zahlen dieser Tabelle ergiebt sich ohne Weiteres, daß die wahren Geschwindigkeiten der Planeten in irgend welchen Punkten ihrer Bahnen nur wenig von den in Kreisen stattfindenden Geschwindigkeiten verschieden sind. Mithin kann es in der ganzen Bahn eines jeden Planeten keinen Punkt geben, in welchem die Geschwindigkeit der in der Parabel gleich käme. Denn sonst würde von diesem Punkte aus ein jeder Planet nicht mehr eine Ellipse, sondern eine Parabel beschreiben, folglich auch nicht wieder zur Sonne zurückkehren, was dann gegen die Erfahrung sein würde. Aus dem Vorhergehenden erhellet also deutlich, daß bloß eine einzige bestimmte Anfangsgeschwindigkeit einen Kreis oder eine Parabel erzeugen kann, während es unendlich viele Geschwindigkeiten giebt, welche Ellipsen oder Hyperbeln hervorbringen können. Mithin müssen die letztern beiden Kegelschnitte weit wahrscheinlicher sein als die erstern beiden. Ebenso wissen wir nun, daß die Bahnen meistens Ellipsen sind, sobald die Kraft des ersten Stoßes gering ist, Hyperbeln aber nur, wenn diese Kraft eine gewisse Grenze überspringt. Weil jedoch die Natur, so weit man sie kennt, stets vorzugsweise die kleinsten Mittel zur Erreichung ihrer großen Zwecke wählt, so folgt für die Existenz der elliptischen Bahnen eine ohne Vergleich bedeutend größere Wahrscheinlichkeit als für die Existenz hyperbolischer Bahnen, da die Entstehung der Ellipsen eine nur geringe Kraft voraussetzt.

E. Fall der Körper auf vorgeschriebenen Wegen. Bewegung der Körper auf geneigten geraden und auf krummen Linien.

Die ganze Theorie der gleichförmig beschleunigten Bewegung (und der Gleichförmig veränderte Bewegung) läßt sich auf den Fall eines [illegible] auf einer Geraden anwenden, welche gegen die Horizontalebene ein[illegible] macht. Es wird jedoch diese Anwendung gewöhnlich besonders [illegible] dem Namen der Lehre von der schiefen Ebene vorgetragen. Auch [illegible] terbuche ist dieser Lehre ein besonderer Artikel: Schiefe Ebene, [illegible] welchen wir daher verweisen, und uns hier bloß mit dem Falle [illegible] krummen Linien beschäftigen wollen. — Es sei C der Mittelpunkt [illegible] mit dem Radius CD = CA = r, AD ein lothrechter Durchmesser [illegible]



EF eine Berührende, die folglich horizontal ist; AB sei eine von A ausgezogene Sehne und t die Zeit, in welcher auf AB ein schwerer Punkt ohne Anfangsgeschwindigkeit von B nach A fällt. Endlich werde ∠ BAE durch α bezeichnet und BD gezogen, folglich ∠ ABD bekanntlich ein rechter Winkel. Man wird nun offenbar haben $AB = gt^2 . \sin \alpha$

und $AB = 2r \sin \alpha$,

mithin $2r\alpha = \sin gt^2 \sin \alpha$,

hieraus $2r = gt^2$

ıd hieraus wieder

$$38)\quad t = \sqrt{\frac{2r}{g}}.$$

Diese Formel nun giebt, weil g eine constante Größe ist, den merkwürdigen atz: Wenn AD ein verticaler Durchmesser des um C (als Mittelmkt) beschriebenen Kreises ist, so fällt ein schwerer Punkt ıf jeder beliebigen durch den Punkt A gezogenen Sehne AB eses Kreises genau in der nämlichen Zeit $\sqrt{\frac{2r}{g}}$. — Ist ferner die Geschwindigkeit, mit welcher der von B nach A in der Sehne AB fallende were Punkt in A ankommt, so erhält man, da $v = 2gt \sin \alpha$ sein muß, wenn r für t sein Werth aus 38) gesetzt wird, den Ausdruck

$$v = 2g \sin \alpha \sqrt{\frac{2r}{g}}, \text{ d. h.}$$

$$39)\quad v = 2\sqrt{rg . \sin \alpha},$$

lche Formel zeigt, daß die gedachte Geschwindigkeit (wegen des Neigungswinkels α) keine constante Größe ist. Es sei jetzt $A A_1 A_2 A_3 A_4$ eine brochene Linie, die Gerade $B_4 A_4$ horizontal und die Gerade $A B_4$ senkrecht; man ie die Geraden $A_1 B_1$, $A_2 B_2$, $A_3 B_3$ senkrecht auf $A B_4$. Endlich bezeichne man

die Winkel $A A_1 B_1$, $A_1 A_2 B_2$, $A_2 A_3 B_3$, $A_3 A_4 B_4$ resp. durch α_1, α_2, α_3, α_4. Nun sei v_1 die Geschwindigkeit, welche ein ohne Anfangsgeschwindigkeit auf $A A_1$ in der Zeit t_1 von A bis A_1 fallender schwerer Punkt in A_1 erlangt, also nach dem Vorhergehenden $v_1 = gt_1 \sin \alpha_1$. Man nehme ferner an, daß der schwere Punkt mit der in A_1, A_2, A_3, A_4 erlangten Geschwindigkeit resp. auf $A_1 A_2$, $A_2 A_3$, $A_3 A_4$ fortgehe, und bezeichne die durch den Fall auf $A_1 A_2$, $A_2 A_3$, $A_3 A_4$ erlangten Geschwindigkeiten resp.

durch v_2, v_3, v_4, die Zeiten des Falls respective durch t_2, t_3, t_4; so hat man dann überhaupt:

$$40)\quad \begin{cases} v_1 = 2\,gt_1 \sin\alpha_1 \\ v_2 = v_1 + gt_2 \sin\alpha_2 \\ v_3 = v_2 + gt_3 \sin\alpha_3 \\ v_4 = v_3 + gt_4 \sin\alpha_4 \end{cases}$$

und hieraus erfolgt mittelst successiver Substitution:

$$\begin{aligned} v_1 &= 2g\,(t_1 \sin\alpha_1) \\ v_2 &= 2g\,(t_1 \sin\alpha_1 + t_2 \sin\alpha_2) \\ v_3 &= 2g\,(t_1 \sin\alpha_1 + t_2 \sin\alpha_2 + t_3 \sin\alpha_3) \\ v_4 &= 2g\,(t_1 \sin\alpha_1 + t_2 \sin\alpha_2 + t_3 \sin\alpha_3 + t_4 \sin\alpha_4), \end{aligned}$$

welche Gleichungen sich leicht in Worten ausdrücken lassen. Indessen ergeben sich noch andere sehr bemerkenswerthe Ausdrücke für diese Geschwindigkeiten, wenn man, unter Berücksichtigung, daß

$$\begin{aligned} AB_1 &= AA_1 \sin\alpha_1 \\ B_1B_2 &= A_1A_2 \sin\alpha_2 \\ B_2B_3 &= A_2A_3 \sin\alpha_3 \\ B_3B_4 &= A_3A_4 \sin\alpha_4 \end{aligned}$$

ist, die Gleichungen 40) zu Grunde legt und die hiernach ausgedrückten Werthe für AA_1, A_1A_2, A_2A_3, A_3A_4 benutzt. Man wird alsdann auf einem einfachen Wege, der hier aber nicht erst näher bezeichnet werden kann, die Gleichungen erhalten:

$$\begin{aligned} v_1 &= 2\sqrt{g\,.\,(AB_1)} \\ v_2 &= 2\sqrt{g\,(AB_1 + B_1B_2)} \\ v_3 &= 2\sqrt{g\,(AB_1 + B_1B_2 + B_2B_3)} \\ v_4 &= 2\sqrt{g\,(AB_1 + B_1B_2 + B_2B_3 + B_3B_4)}, \end{aligned}$$

d. h.

$$41)\quad \begin{cases} v_1 = 2\sqrt{g \times AB_1} \\ v_2 = 2\sqrt{g \times AB_2} \\ v_3 = 2\sqrt{g \times AB_3} \\ v_4 = 2\sqrt{g \times AB_4} \end{cases}$$

u. s. f.

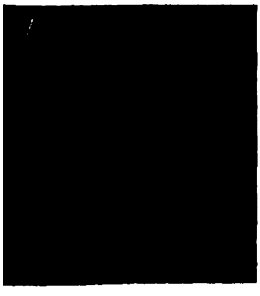
was mithin diejenigen Geschwindigkeiten sind, welche ein durch die Lothlinie AB frei fallender schwerer Punkt in B_1, B_2, B_3, B_4 erlangt. Folglich erlangt der Punkt in AA, AA_1A_2, $AA_1A_2A_3$, $AA_1A_2A_3A_4$ ꝛc. fallender schwerer Punkt in A_2, A_4 ꝛc. dieselbe Geschwindigkeit, die jener durch AB_2 fallender Punkt in B_2, B_4 u. s. f. erlangt, jedoch immer unter der obigen Voraussetzung, daß der gebrochenen Linie $AA_1A_2A_3A_4$.... fallende schwere Punkt mit der in A_2, A_4.... erlangten Geschwindigkeit resp. auf A_1A_2, A_2A_3, A_3A_4 [illegible] Aehnliche Untersuchungen lassen sich anstellen, wenn man die Bewegung jenes Punktes von A_4 an aufwärts in der gebrochenen Linie A_4[illegible] erfolgen läßt; man wird hier das Endresultat finden, daß der schwere Punkt zu Ende der Zeit $t_4 + t_3 + t_2 + t_1$ in A angelangt sein wird. Es läßt sich nun aber auch leicht nachweisen, daß die mehrerwähnte Voraussetzung nicht in allen Fällen richtig ist. Denn es seien AB, BC zwei in B zusammenstoßende Gerade,

I.

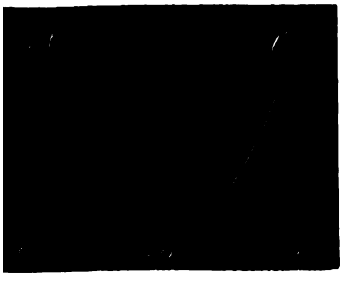
BD die Geſchwindigkeit, welche ein Punkt durch ſeine Bewegung auf AB in B erlangt; man betrachte BD als die geometriſche Darſtellung der die Geſchwindigkeit BD erzeugenden Kraft, ſo kann dieſe in die beiden Kräfte BE und BF zerlegt werden (BE in BC liegend, BF ſenkrecht auf BC). Es iſt dann klar, daß der bei ſeiner Bewegung auf AB in B mit der Geſchwindigkeit BD ankommende Punkt auf BC bloß mit der Geſchwindigkeit BE fortgeht. Aber, wenn u den Winkel EBD bezeichnet, $BE = BD \cdot \cos u$, mithin der Verluſt V an Geſchwindigkeit beim Uebergange aus der Richtung AB in die von BC: $V = BD - BE = BD - BD \cos u = BD\,(1 - \cos u)$ oder $V = 2\,BD \cdot \sin \frac{1}{2} u^2$. Aus dieſer Gleichung ergiebt ſich für $u = o$ der Werth von $V = o$, d. h. bloß, wenn AB und BC zwei in B zuſammenſtoßende Elemente einer ſtetig gekrümmten Linie darſtellen, gehet beim Uebergange aus der Richtung AB in die von BC wirklich nichts an Geſchwindigkeit verloren, wie oben vorausgeſetzt worden war.

Faßt man alles in dieſem Abſchnite Vorgetragene zuſammen, ſo gelangt man zu folgenden wichtigen zwei Reſultaten: 1) Wenn AB eine ſtetig gekrümmte Linie, BC eine horizontale Gerade und AC ſenkrecht auf CB iſt, ſo erlangt ein ſchwerer Punkt durch den Fall auf der krummen Linie AB in B ſtets dieſelbe Geſchwindigkeit, die er durch den freien Fall durch die Senkrechte AC in C erlangen würde. 2) Wenn AB, BC zwei ſich congruente und gegen die durch B gezogene horizontale Gerade DE ſymmetriſch liegende Theile einer ſtetig gekrümmten Linie ABC ſind, und ein ſchwerer Punkt in einer gewiſſen Zeit auf AB von A bis B gefallen iſt, ſo ſteigt dann dieſer Punkt in der nämlichen Zeit auf BC von B bis C, wo nun ſeine Geſchwindigkeit aufhört. Er fällt alſo nun wieder in derſelben Zeit von C bis B und ſteigt nachher in der nämlichen Zeit von B bis A. Der ſchwere Punkt wird auf dieſe Weiſe eine (ſogenannte) oscillirende Bewegung von ſtets gleicher Größe und Beſchaffenheit in's Unendliche fortſetzen, ſobald nur keine Hinderniſſe, wie z. B. Reibung oder Widerſtand der Luft, entgegen wirken. Dieſer zweite Satz bildet bekanntlich die Grundlage für die

II.



III.



Lehre von der Bewegung des Pendels, und wir verweiſen daher wegen weiterer Ausführung der Lehre von der oscillirenden Bewegung auf den Artikel Pendel, wo auch von der Reduction der Maſſen und von den Trägheitsmomenten überhaupt die Rede ſein wird.

F) Stoß der Körper.

Die gegenſeitige mechaniſche Einwirkung zweier Körper wird ein Stoß derſelben genannt, ſobald ſie ſich begegnen oder mit einander zuſammentreffen, was geſchehen kann, ſobald beide Körper ſich bewegen oder bloß der eine von ihnen ſich bewegt und der andere in Ruhe ſich befindet. Es erhellet leicht, daß ſich die alsdann eintretenden Erſcheinungen theils nach der Beſchaffenheit der Körper, theils nach der Richtung ihrer Bewegung, d. h. ihres Stoßes, verhalten werden. Was die Körper ſelbſt betrifft, ſo betrachtet man den Stoß unelaſtiſcher Körper und den Stoß elaſtiſcher Körper; hinſichtlich der Richtung der Bewegung oder des Stoßes derſelben unterſcheidet man den geraden Stoß, d. h. wo die Richtungen der Bewegung beider Körper in eine und die nämliche gerade Linie fallen, und den ſchiefen Stoß, d. h. wo die Richtungen der Bewegung beider Körper einen Winkel mit einander bilden. Der ſchiefe Stoß heißt oft auch excentriſcher Stoß. Wegen der Einfachheit in der Darſtellung der Lehre vom Stoße werden die auf einander ſtoßenden Körper als Kugeln angenommen, und zugleich ſtets bloß eine gleichförmige Bewegung derſelben vorausgeſetzt. Der gerade Stoß wird übrigens zugleich ein centraler Stoß genannt, wenn die Richtung der Bewegungen beider Kugeln in die Centrallinie der letztern fällt. Diejenige Stelle des bewegten Körpers, in welcher man ſich deſſen ganzen Stoß vereinigt denken kann, heißt der Mittelpunkt des Stoßes, welcher mit dem Schwerpunkte des Körpers zuſammenfällt, ſobald ſich alle Punkte des Körpers mit gleicher Geſchwindigkeit in parallelen Richtungen bewegen. Die Kraft des Stoßes endlich iſt der Maſſe des ſtoßenden Körpers und dem Quadrate ſeiner Geſchwindigkeit direct proportional.

α) Gerader Stoß unelaſtiſcher Körper. Es ſind hier zwei Fälle möglich, entweder: die Körper bewegen ſich in einer und derſelben Richtung hinter einander oder: die Körper bewegen ſich in direct entgegengeſetzten Richtungen auf einander zu. Im erſtern Falle kann ein Zuſammenſtoß aber offenbar nur dann geſchehen, wenn der eine Körper, der die Maſſe M_1 hat, ſich mit einer größern Geſchwindigkeit bewegt als der andere Körper, welcher die Maſſe M_2 hat, und alſo dieſen endlich einholt, wo nun der Stoß geſchieht, nach welchem beide Körper, vereinigt bleibend, in der bisherigen Richtung, jedoch mit einer neuen gewiſſen und gleichen Geſchwindigkeit v fortgehen. Um dieſe Größe v zu beſtimmen, überlege man, daß die Summe der Quantitäten der Bewegung, d. h. die Summe der bewegenden Kräfte, nach erfolgtem Stoße noch dieſelbe bleibt, welche ſie vor dem Stoße war. Man wird daher (nach 24)) offenbar die Gleichung haben:

$$M_1 v + M_2 v = M_1 v_1 + M_2 v_2$$

und aus dieſer die Gleichung

$$42) \quad v = \frac{M_1 v_1 + M_2 v_2}{M_1 + M_2},$$

zur Beſtimmung der geſuchten neuen Geſchwindigkeit v erhalten. Für den zweiten Fall, d. i. für den Fall, daß ſich beide Körper in direct entgegengeſetzten Richtun-

gen auf einander zu bewegen, darf man nur in 42) die eine Geſchwindigkeit, z. B. v_2, negativ ſetzen und man wird den Ausdruck

$$43)\quad v = \frac{M_1 v_1 - M_2 v_2}{M_1 + M_2}$$

erhalten. Aus 43) erhellet ohne Weiteres, daß, wenn die Quantitäten der Bewegungen, nämlich $M_1 v_1$ und $M_2 v_2$, einander gleich ſind, alsdann $v = o$ ſein muß, d. h. nach dem Stoße findet keine Geſchwindigkeit, alſo keine Bewegung mehr ſtatt. In dieſem Falle vernichten ſich alſo beide Bewegungen im Augenblicke des Stoßes gegenſeitig oder beide Körper kommen im Augenblicke des Stoßes zur Ruhe. Ferner ergeben ſich aus 43) noch nachſtehende Folgerungen. Iſt $M_1 v_1 > M_2 v_2$, ſo iſt v poſitiv, d. h. die beiden vereinigten Körper ſetzen ihre Bewegung nach erfolgtem Stoße in der Richtung fort, welche der Körper mit der Maſſe M_1 anfänglich hatte; iſt aber $M_2 v_2 > M_1 v_1$, ſo iſt v negativ, d. h. die beiden vereinigten Körper ſetzen ihre Bewegung nach erfolgtem Stoße in der Richtung fort, welche der Körper mit der Maſſe M_2 anfänglich hatte. Befindet ſich jedoch der eine Körper, z. B. der mit der Maſſe M_2, in Ruhe, ſo hat man in 43) $v_2 = o$ zu ſetzen, und es kommt

$$44)\quad v = \frac{M_1 v_1}{M_1 + M_2}.$$

Dieſe Gleichung läßt ſich auch ſo ſchreiben:

$$v = \frac{M_1}{1 + \frac{M_2}{M_1}},$$

aus welcher nun folgt, daß v deſto kleiner werden muß, je größer M_2 gegen M_1 iſt, und offenbar wird v unendlich klein, ſobald M_1 unendlich klein gegen M_2 wird. Alſo wird ein Körper mit unendlich kleiner Maſſe, gegen einen ruhenden Körper mit unendlich großer Maſſe ſtoßend, diesen nicht in Bewegung ſetzen.

β) Schiefer Stoß unelaſtiſcher Körper. Es ſeien α_1, α_2 die Winkel, welche die Richtungen beider Körper mit der Centrallinie einſchließen, ſo laſſen ſich die Geſchwindigkeiten v_1, v_2 dieſer Körper, welche die Maſſen M_1, M_2 haben, zufolge des Geſetzes der Zerlegung der Kräfte (Parallelogramm der Kräfte) ergeſtalt in zwei Theile zerlegen, daß der eine Theil in der Richtung der Centrallinie und der andere Theil in derjenigen Richtung liegt, welche auf der Richtung der Centrallinie ſenkrecht ſteht. Mithin werden

$$v_1 \cos \alpha_1 \text{ und } v_1 \sin \alpha_1$$

die beiden Theile von v_1 und

$$v_2 \cos \alpha_2 \text{ und } v_2 \sin \alpha_2$$

die beiden Theile von v_2 ſein; folglich erhält nach dem Stoße jeder der beiden Körper in der Richtung der Centrallinie eine gewiſſe Geſchwindigkeit v, die auf ähnliche Weiſe wie v in 42) beſtimmt wird, nämlich

$$45)\quad v = \frac{M_1 v_1 \cos \alpha_1 + M_2 v_2 \cos \alpha_2}{M_1 + M_2}.$$

Nun iſt aber dieſe Geſchwindigkeit v noch mit der auf der Centrallinie ſenkrechten Geſchwindigkeit $'v$, $''v$ zuſammen zu ſetzen, um die Geſchwindigkeiten V_1, V_2 zu

erhalten, welche beide Körper resp. nach erfolgtem Stoße haben werden. Man hat demnach

$$V_1 = \sqrt{{}^{\prime}v^2 + {}^{\prime}v^2}$$
$$V_2 = \sqrt{{}^{\prime}v^2 + {}^{\prime\prime}v^2},$$

d. h. weil nach dem Obigen ${}^{\prime}v = v_1 \sin \alpha_1$ und ${}^{\prime\prime}v = v_2 \sin \alpha_2$ ist:

$$46) \quad \begin{cases} V_1 = \sqrt{\left\{\frac{M_1 v_1 \cos \alpha_1 + M_2 v_2 \cos \alpha_2}{M_1 + M_2}\right\}^2 + v_1^2 \sin \alpha_1^2} \\ V_2 = \sqrt{\left\{\frac{M_1 v_1 \cos \alpha_1 + M_2 v_2 \cos \alpha_2}{M_1 + M_2}\right\}^2 + v_2^2 \sin \alpha_2^2}, \end{cases}$$

Bezeichnen endlich β_1, β_2 die Winkel, welche die Richtungen dieser Geschwindigkeiten V_1, V_2 resp. mit der Centrallinie bilden, so wird man offenbar haben:

$$47) \quad \sin \beta_1 = \frac{v_1 \sin \alpha_1}{V_1} \text{ und } \sin \beta_2 = \frac{v_2 \sin \alpha_2}{V_2}.$$

Wir kommen nun zu dem Geraden Stoße elastischer Körper. Wenn zwei elastische Körper, welche die Massen M_1, M_2, die Geschwindigkeiten v_1, v_2 und die Elasticitäten e_1, e_2 besitzen, zusammenstoßen, so bringen sie Eindrücke auf einander hervor, welche sich nachher vermöge der Elasticitäten, wieder herstellen oder vernichten. Je nachdem nun die Elasticität vollkommen ist oder nur zum Theil vorhanden, wird das Herstellen oder Vernichten ganz oder theilweise geschehen. Im erstern Falle ist nämlich die Rückwirkung der Einwirkung vollkommen gleich; im letztern Falle aber wird die Rückwirkung ein desto größerer Theil der Einwirkung sein, je vollkommener die Elasticität ist. Bezeichnen jetzt V_1, V_2 die nach erfolgtem Stoße stattfindenden resp. Geschwindigkeiten beider Körper, sowie Δv_1, Δv_2 die bei den beiden unelastischen Körpern eintretenden resp. Aenderungen ihrer ursprünglichen Geschwindigkeiten v_1, v_2; so ist zuerst offenbar $v = v_1 + \Delta v_1$ und $v = v_2 + \Delta v_2$, also zweitens

$$\Delta v_1 = \frac{M_2 (v_2 - v_1)}{M_1 + M_2}$$
$$\Delta v_2 = \frac{M_1 (v_1 - v_2)}{M_1 + M_2}.$$

und daher

$$v = v_1 + \frac{M_2 (v_2 - v_1)}{M_1 + M_2} = v_2 + \frac{M_1 (v_1 - v_2)}{M_1 + M_2}.$$

Man findet nun aber V_1, V_2, wenn man die nach erfolgtem Stoße eintretenden Aenderungen der ursprünglichen Geschwindigkeiten v_1, v_2 resp. mit $1 + e_1$, $1 + e_2$ multiplicirt und die erhaltenen Producte zu den resp. ursprünglichen Geschwindigkeiten addirt. Man wird also erhalten:

$$V_1 = v_1 + (1 + e_1) . \Delta v_1$$
$$V_2 = v_2 + (1 + e_2) . \Delta v_2,$$

d. h. nach dem Obigen:

$$48) \quad \begin{cases} V_1 = v_2 + \frac{M_2 (v_2 - v_1)}{M_1 + M_2} (1 + e_1) \\ V_2 = v_2 + \frac{M_1 (v_1 - v_2)}{M_1 + M_2} (1 + e_2). \end{cases}$$

Besitzen beide Körper vollkommene Elastizität, so muß man in 48) $e_1 = 1$ und $e_2 = 1$ setzen und man wird alsdann erhalten:

$$V_1 = v_1 + \frac{2M_2(v_2 - v_1)}{M_1 + M_2}$$

$$V_2 = v_2 + \frac{2M_1(v_1 - v_2)}{M_1 + M_2} \text{ oder auch}$$

$$49) \begin{cases} V_1 = \frac{(M_1 - M_2)v_1 + 2M_2 v_2}{M_1 + M_2} \\ V_2 = \frac{(M_2 - M_1)v_2 + 2M_1 v_1}{M_1 + M_2} \end{cases}$$

Wenn also beide Körper die gleich großen Massen $M_2 = M_1$ haben, so gehen die Gleichungen 49) über in

$$V_1 = \frac{2M_1 v_2}{2M_1} \text{ und } V_2 = \frac{2M_1 v_1}{2M_1}, \text{ oder}$$

$$V_1 = v_2 \text{ und } V_2 = v_1,$$

d. h. zwei vollkommen elastische Körper, welche die Geschwindigkeiten v_1, v_2 besitzen und gleiche Masse haben, vertauschen, wenn sie gerade zusammenstoßen, nach erfolgtem Stoße ihre Geschwindigkeiten. Wenn ferner die Richtungen der Bewegungen beider Körper, welche die Massen M_1, M_2 besitzen und die Geschwindigkeiten v_1, v_2 haben, einander direct entgegengesetzt sind, so muß man, wenn beide Körper vollkommen elastisch sind, in 49) die eine der beiden Geschwindigkeiten, z. B. v_2, negativ annehmen, und es wird kommen:

$$50) \begin{cases} V_1 = \frac{(M_1 - M_2)v_1 - 2M_2 v_2}{M_1 + M_2} \\ V_2 = \frac{(M_1 - M_2)v_2 + 2M_1 v_1}{M_1 + M_2}. \end{cases}$$

Haben hier beide Körper gleiche Masse, d. h. ist $M_2 = M_1$, so wird man erhalten:

$$V_1 = \frac{-2M_1 v_2}{2M_1} \text{ und } V_2 = \frac{2M_1 v_2}{2M_1}$$

$$\text{oder } V_1 = -v_2 \text{ und } V_2 = v_1,$$

d. h. beide Körper werden nach erfolgtem Stoße mit den vertauschten Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen gehen. — Ist aber der eine von beiden elastischen Körpern, z. B. der, welcher die Masse M_2 hat, vor dem Zusammenstoßen in Ruhe, so ist in 49) $v_2 = 0$ zu setzen, und es gehen alsdann diese Gleichungen über in:

$$51) \begin{cases} V_1 = v_1 - \frac{M_2 v_1}{M_1 + M_2}(1 + e_1) \\ V_2 = \frac{M_1 v}{M_1 + M_2}(1 + e_2). \end{cases}$$

Sind beide Körper vollkommen elastisch, also $e_2 = e_1 = 1$, so verwandeln sich die Gleichungen 51) in folgende:

$$V_1 = v_1 - \frac{2 M_2 v_1}{M_1 + M_2}$$

$$V_2 = \frac{2 M_1 v_1}{M_1 + M_2} \text{ oder}$$

$$V_1 = \frac{v_1 (M_1 - M_2)}{M_1 + M_2}, \quad V_2 = \frac{2 M_1 v_1}{M_1 + M_2},$$

wie sie sich auch aus 49) ergeben. Wenn man in diesen beiden zuletzt erhaltenen Gleichungen $M_2 = M_1$ setzt, so kommt ein sehr wichtiges Resultat, nämlich

$$V_1 = 0 \text{ und } V_2 = v_1,$$

d. h. wenn zwei vollkommen elastische Körper, welche gleich große Massen besitzen und von welchen der eine, in Ruhe sich befindend, durch einen Stoß des andern getroffen wird, so wird nach erfolgtem Stoße dieser letztere Körper ruhen und jener bisher in Ruhe gewesene Körper sich vorwärts mit der gehabten Geschwindigkeit des andern Körpers fortbewegen. Es wird nun nicht schwer sein, von diesem wichtigen Resultate die nachstehenden Folgerungen zu ziehen. Wenn mehrere gleich große und gleich elastische Kugeln, z. B. von Elfenbein, in einer und derselben geraden Linie so aufgehängt werden, daß sie sich immer je zwei berühren, so wird, wenn man die erste Kugel nach der Richtung derselben Geraden in Bewegung setzt und gegen die nächste Kugel stoßen läßt, jene sofort zur Ruhe kommen und nur die letzte am entgegengesetzten Ende befindliche Kugel fortfliegen. Wenn aber mehrere in Bewegung gesetzte Kugeln gegen die übrigen in Ruhe befindlichen Kugeln stoßen, so fliegt eine der Menge bewegter Kugeln gleiche Anzahl ruhender Kugeln am andern Ende dergestalt fort, daß, wenn der anstoßenden mehr sind als der ruhenden, eine oder mehrere der erstern zugleich unter den fortfliegenden sein werden. Haben die aufgehängten Kugeln die Massen M, Mr, Mr^2, Mr^3 ꝛc., so bilden dann auch ihre Geschwindigkeiten eine geometrische Reihe, nämlich $\left(\frac{1-r}{1+r}\right) v, \frac{2(1-r)}{(1+r)^2} v, \frac{4(1-r)}{(1+r)^3} v, \ldots\ldots$ jedoch mit Ausnahme der letzten Kugel, deren Geschwindigkeit $\frac{2^n . v}{(1+r)^n}$, d. h. $\left(\frac{2}{1+r}\right)^n v$ sein muß. Zur Erläuterung dieser Sätze hat Mariotte die sogenannte Percussions- oder Stoßmaschine erfunden, welche von Nollet wesentlich verbessert worden ist. Man kann mit einer solchen Vorrichtung, welche auch oft Stoßapparat heißt, die Versuche auf eine recht anschauliche Weise anstellen, daher auch die Stoßmaschine einen nicht unwichtigen Theil eines jeden physikalischen Kabinets ausmacht. In ihrer einfachsten Construction besteht sie aus einer Reihe in einer geraden Linie an Fäden dicht neben einander aufgehängter, gleich großer Kugeln von Elfenbein. Man kann sich aber auch leicht eine Stoßmaschine einrichten lassen, bei welcher die elfenbeinernen Kugeln nach einer gewissen geometrischen Progression an Größe ab- oder zunehmen. — Wir wollen nun endlich noch den δ) schiefen Stoß elastischer Körper im Allgemeinen erwähnen. Hier werden die allgemeinen Formeln aus denen im Abschnitte γ) auf ähnliche Art abgeleitet werden können, wie die allgemeinen Ausdrücke des schiefen Stoßes unelastischer Körper in β) aus den für den geraden Stoß geltenden in α). Behält man nämlich die im vorigen Abschnitte gebrauchten Bezeichnungen hier bei, und ist α wieder der Winkel, welche

die Richtungen der Bewegung beider Körper mit der Centrallinie einschließen, so wird man, da hier v_1 in $v_1 + (1 + e)\,\Delta v_1$ und v_2 in $v_2 + (1 + e_2)\,\Delta v_2$ übergeht, offenbar Ausdrücke erhalten, welche denen in 46) und 47) ganz ähnlich in der Form, wenn gleich weit zusammengesetzter sind. Wie man dann verfahren muß, um hieraus ebenfalls neue Schlüsse und Resultate zu ziehen, wird nach der gegebenen Darstellung der früheren Schlüsse und Resultate zu finden wohl nicht schwer sein, daher wir dies füglich den Lesern überlassen können.

In der Lehre vom Stoße der Körper kann bisweilen gefragt werden, wie groß die Zahl z von Zeiteinheiten sein muß, sobald ein Körper B mit einem Körper A zusammentreffen soll, und zwar wenn A bei einem Vorsprunge von d Längeneinheiten und t Zeiteinheiten s Längeneinheiten in jeder Zeiteinheit, B aber s' Längeneinheiten in jeder Zeiteinheit durchläuft, und beide Körper sich hinter einander gleichförmig bewegen. Für diesen Fall wird leicht erhellen, daß nach der Lehre von der gleichförmigen Bewegung in einer geraden Linie

$$52)\quad z = \frac{d + st}{s' - s}$$

sein muß. Ist hier $s' = s$, also $s' - s = o$, so wird $z = a$, d. h. A und B laufen hinter einander, immer gleiche Entfernung d von einander behaltend, fort, ohne je zusammen zu stoßen. Wenn aber B gegen A, statt hinter A her, läuft, so muß man in 52) s negativ annehmen und man erhält dann den Ausdruck

$$53)\quad z = \frac{d - st}{s' + s}.$$

Hier kann das Zusammenstoßen augenblicklich geschehen, wenn $z = o$ ist, was stattfindet, wenn entweder $d = st$ oder $s = \frac{d}{t}$ oder $t = \frac{d}{s}$ ist. Die Bedeutung dieser drei Fälle läßt sich in Worten geben. Findet endlich ein gleichzeitiger Anfang der Bewegungen beider Körper, die um d Längeneinheiten von einander entfernt sind, statt, so muß in 52) und 53) $t = o$ gesetzt werden, und man erhält dann resp. $z = \frac{d}{s' - s}$ und $z = \frac{d}{s' + s}$.

G) Epicykliſche Bewegung.

Da in unſerm Werke von deſſen Leſern keine Kenntniſſe der höhern Mathematik verlangt oder vorausausgeſetzt werden, ſo darf in dem gegenwärtigen Artikel um ſo weniger unerwähnt bleiben, daß erſt in ganz neueſter Zeit F. A. Möbius (Mechanik des Himmels, Leipz. 1843) der Mechanik eine ſehr ſchöne Bereicherung dadurch verſchafft hat, daß er gezeigt, wie man ohne andere mathematiſche Kenntniſſe, als die, welche ſchon auf den Schulen erlernt werden, zu beſitzen, mit den Geheimniſſen der planetariſchen Bewegungen ſich in Kurzem vertraut machen könne. Möbius bedient ſich nämlich der epicykliſchen Bewegung.

Bewegt ſich ein Punkt in einem Kreiſe, um dieſen Punkt als Centrum ein weiter Punkt in einem zweiten Kreiſe u. ſ. f., ſo heißen dieſe letztern zu jenem erſten hinzugefügten Kreiſe Epicykel und die abſoluten von dieſen Punkten beſchriebenen Curven Epicykloiden. Die alten Aſtronomen ſuchten bekanntlich die verwickelten planetariſchen Bewegungen mittels der Epicykel zu erklären, bis Copernicus die Richtigkeit des Ptolemäiſchen Weltſyſtems zeigte und ſo die

Epicykel nicht weiter in Anwendung kamen. Jetzt aber hat Möbius in seinem oben angeführten Werke auf eine höchst einfache Weise die Störungen in der Monds- und Planetenbewegung entwickelt. Ueber diese Störungen sehe man das Nähere in den Artt. Planeten und Gravitation; hier möge es genügen, dem Leser einen kurzen, aber deutlichen Begriff von der Möbius'schen Methode zu geben. Um einen festen Punkt O als Centrum (die Figur kann man leicht selbst entwerfen) bewege sich ein Punkt A gleichförmig in einem Kreise und in des letztern Ebene gleichzeitig ein zweiter Punkt A_1 ebenfalls gleichförmig um A als Centrum in einem Kreise, aber auch gleichzeitig ein dritter Punkt A_2 in derselben Ebene gleichförmig um A_1 u. s. f. Es seien die Halbmesser OA, AA_1, A_1A_2, A_2A_3 .... resp. gleich a, a_1, a_2, a_3 u. s. w.; die constanten Winkelgeschwindigkeiten der materiellen Punkte A, A_1, A_2, A_3 .... gleich n, n_1, n_2, n_3 u. s. w.; endlich mögen α, α_1, α_2, α_3 .... die Winkel bezeichnen, welche die Halbmesser $OA = r$, $AA_1 = r_1$, $A_1A_2 = r_2$ .... zu einer gewissen Zeit T mit einer in der Bewegungsebene durch O gelegten festen Axe (der Xaxe) formiren. Es läßt sich nun fragen, was die Coordinaten x und y des letzten Punktes A_n nach Verlauf der Zeit t sein werden. Offenbar sind nach verflossener Zeit t die von a, a_1, a_2 .... mit der Xaxe gebildeten Winkel resp. $\alpha + nt$, $\alpha_1 + n_1t$, $\alpha_2 + n_2t$ u. s. w. und daher ihre Projectionen auf die Abscissenaxe $a\cos(\alpha + nt)$, $a_1\cos(\alpha_1 + n_1t)$, $a_2\cos(\alpha_2 + n_2t)$, ... und die resp. Projectionen auf die Ordinatenaxe $a\sin(\alpha + nt)$, $a_1\sin(\alpha_1 + n_1t)$, $a_2\sin(\alpha_2 + n_2t)$ u. s. w. Wenn man nun der Kürze wegen die Winkel $\alpha + nt$, $\alpha_1 + n_1t$, $\alpha_2 + n_2t$ .... resp. durch λ, λ_1, λ_2 .... bezeichnet, so wird man demnach haben:

$$54)\quad \left\{\begin{array}{l} x = a\cos\lambda + a_1\cos\lambda_1 + a_2\cos\lambda_2 + \ldots + a_n\cos\lambda_n \\ y = a\sin\lambda + a_1\sin\lambda_1 + a_2\sin\lambda_2 + \ldots + a_n\sin\lambda_n, \end{array}\right.$$

welche Gleichungen die aus n epicyklischen Bewegungen zusammengesetzte Bewegung des Punktes A_n sind. Nimmt man zum ursprünglichen Kreise bloß eine epicyklische Bewegung an, so hat man nach 54)

$$\begin{aligned} x &= a\cos\lambda + a_1\cos\lambda_1 \\ y &= a\sin\lambda + a_1\sin\lambda_1 \end{aligned}$$

oder

$$\begin{aligned} x &= a\cos(\alpha + nt) + a_1\cos(\alpha_1 + n_1t) \\ y &= a\sin(\alpha + nt) + a_1\sin(\alpha_1 + n_1t) \end{aligned}$$

und hieraus endlich

$$55)\quad \left\{\begin{array}{l} x = (a + a_1)\cos nt \\ y = (a - a_1)\sin nt \end{array}\right.$$

für $n_1 = -n$ und $\alpha = \alpha_1 = 0$; d. h. die Gleichungen 55) gelten für den Fall, daß sich der materielle Punkt A_1 um den materiellen Punkt A mit derselben Winkelgeschwindigkeit, jedoch in entgegengesetztem Sinne bewege. Nach der bewerkstelligten Elimination von nt aus 55) ergiebt sich die Gleichung: $\left(\frac{x}{a+a_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{a-a_1}\right)^2 = 1$, d. h. der Punkt A_1 bewegt sich in einer Ellipse mit dem Mittelpunkte O.

Es ist nun auch leicht, die die Bewegung des Punktes A_n erzeugenden Kräfte zu bestimmen. Es wird nämlich die Kreisbewegung von A um O durch die nach r gerichtete Kraft n^2a, die von A_1 um A durch die Kraft $n_1^2a_1$, die von A_2 um A_1

durch die Kraft $n_2{}^2a_2$ u. ſ. w. bewirkt; mithin muß die abſolute Bewegung des Punktes A_n gegen 0 durch jene Kräfte n^2a, $n_1{}^2a_1$, $n_2{}^2a_2$ u. ſ. w. hervorgebracht werden, deren Richtungen reſp. parallel mit a, a_1, a_2 .... laufen. Die von dieſen Richtungen mit der Abſciſſenaxe gebildeten Winkel ſind offenbar $\lambda + 180^0$, $\lambda_1 + 180^0$, $\lambda_2 + 180^0$ .... und folglich

$$n^2a \cos(\lambda + 180^0) \text{ und } n^2a \sin(\lambda + 180^0)$$
$$n_1{}^2a_1 \cos(\lambda_1 + 180^0) \text{ " } n_1{}^2a_1 \sin(\lambda_1 + 180^0)$$
$$n_2{}^2a_2 \cos(\lambda_2 + 180^0) \text{ " } n_2{}^2a_2 \sin(\lambda_2 + 180^0)$$
u. ſ. w.

ie reſp. Zerlegungen der Kräfte nach der Abſciſſen- und Ordinatenaxe. Man rlege jetzt die auf A_n wirkende Geſammtkraft in zwei mit den Coordinatenaxen arallele Kräfte X und Y, ſo wird man, dem Vorhergehenden zufolge, alsdann aben:

$$56) \begin{cases} X = -n^2a \cos\lambda - n_1{}^2a_1 \cos\lambda_1 - n_2{}^2a_2 \cos\lambda_2 - \ldots - n_n{}^2a_n \cos\lambda_n \\ Y = -n^2a \sin\lambda - n_1{}^2a_1 \sin\lambda_1 - n_2{}^2a_2 \sin\lambda_2 - \ldots - n_n{}^2a_n \sin\lambda_n \end{cases}$$

elche Gleichungen mit den für $\frac{d^2x}{dt^2}$ und $\frac{d^2y}{dt^2}$ entwickelten bekannten Ausdrücken dentiſch ſind. Zerlegt man aber die Kräfte nach der Richtung des Radiusvector und einer darauf verticalen Richtung, und nennt dieſe Zerlegungen reſp. T und , ſo kommt man mittels einiger einfachen Betrachtungen ſehr bald auf die Gleiungen:

$$57) \begin{cases} T = -n^2a \cos(\lambda - l) - n_1{}^2a_1 \cos(\lambda_1 - l) - n_2{}^2a_2 \cos(\lambda_2 - l) - \ldots. \\ V = -n^2a \sin(\lambda - l) - n_1{}^2a_1 \sin(\lambda_1 - l) - n_2{}^2a_2 \sin(\lambda_2 - l) - \ldots., \end{cases}$$

o l den Winkel bezeichnet, welchen der Radiusvector r mit der als feſten Axe anommenen Abſciſſenaxe macht. Weil man nun jede Function irgend einer verderlichen Größe in eine nach den Sinuſſen oder Coſinuſſen der Vielfachen der ränderlichen Größe fortlaufende Reihe entwickeln kann, ſo iſt es demnach auch öglich, jede Bewegung eines Punktes mittels Zuſammenſetzung gleichförmiger reisbewegungen ſo nahe als man will, oder doch wenigſtens jedes endliche Stück gend einer Bewegung darzuſtellen. Mithin kann man auch die nahe kreis- und leichförmige Bewegung der Planeten darſtellen durch die Zuſammenſetzung einer e mittlere Bewegung eines Planeten darſtellenden gleichförmigen Kreisbewegung it andern Bewegungen der nämlichen Art, nur daß bei den letztern die Kreisbien viel kleiner als der bei der erſtern Bewegung ſind. Möbius zeigt, daß man, nn r der Radiusvector, l die wahre Anomalie, a die mittlere Entfernung und λ e mittlere Anomalie des Planeten bezeichnen, weil man reſp. a und a $(\lambda - l)$ itt a cos $(\lambda - l)$ und a sin $(\lambda - l)$ und dann λ ſtatt l ſetzen könne, indem $\lambda - l$ i allen planetariſchen Bewegungen nur eine ſehr kleine Größe iſt, ſtets die Gleiungen erhalten werde:

$$58) \begin{cases} r = a \left\{ 1 + f_1 \cos(\lambda_1 - \lambda) + f_2 \cos(\lambda_2 - \lambda) + f_3 \cos(\lambda_3 - \lambda) + \ldots. \right\} \\ l = \lambda + f_1 \sin(\lambda_1 - \lambda) + f_2 \sin(\lambda_2 - \lambda) + f_3 \sin(\lambda_3 - \lambda) + \ldots. \end{cases}$$

dem $a_1 = af_1$, $a_2 = af_2$, $a_3 = af_3$ ..... geſetzt worden und f_1, f_2, f_3 .... ſehr kleine Größen ıd. Die Gleichungen 58) ſtellen die wahre Bewegung eines Planeten ſehr nahe dar. a und λ ſind gleichſam die mittlern Glieder und $f_1 \cos(\lambda_1 - \lambda)$, cos $(\lambda_2 - \lambda)$ ..... und $f_1 \sin(\lambda_1 - \lambda)$, $f_2 \sin(\lambda_2 - \lambda)$ ..... drücken dasjenige

aus, was wegen der Excentricität der Planetenbahn und wegen der Störungen noch zum mittlern Orte hinzugefügt werden muß, um den durch l und r bestimmten wahren Ort des Planeten in seiner Bahn zu bekommen. Endlich gehen unter diesen Voraussetzungen die Gleichungen 57), wie Möbius ebenfalls zeigt, über in

$$59)\quad \begin{cases} T = -a \{ n^2 + n_1{}^2 f_1 \cos(\lambda_1 - \lambda) + n_2{}^2 f_2 \cos(\lambda_2 - \lambda) + \ldots \} \\ V = -a \{ n^2 (\lambda_1 - \lambda) + n_1{}^2 f_1 \sin(\lambda_1 - \lambda) + n_2{}^2 f_2 \sin(\lambda_2 - \lambda) + \ldots \} \end{cases}$$

Auf eine solche höchst einfache und sinnreiche Weise fährt der mehrgenannte Verfasser fort, die hauptsächlichsten Störungen in der Mondsbewegung, nämlich die Variation, jährliche Gleichung und Evection, ferner das Vorwärtsgehen der Apsiden, die Säculargleichung, die hauptsächlichste Störung in der Mondbreite, ferner die Störungen der Planeten besonders zu entwickeln. Es versteht sich freilich von selbst, daß durch die Näherungsformeln 58) und 59) nicht auch die kleinern Störungen bestimmt werden können. Demungeachtet können wir unsern Lesern nicht genug empfehlen, des Verfassers schon oben angeführtes Werk, auf das wir ohnedies hier der weitern Ausführung wegen verweisen müssen, selbst zu studiren, welches Werk auch als Lehrbuch der Mechanik betrachtet, dem Leser eine Einsicht in die Mechanik des Himmels verschafft, ohne, wie bereits erwähnt, von höhern Rechnungen, wie sie bei Laplace, Lagrange, Gauß und andern vorausgesetzt werden, Kenntnisse zu besitzen.

Was endlich die Bewegung gasförmiger Körper im Allgemeinen, die Bewegung derselben in Röhren und durch Oeffnungen, sowie die Untersuchungen der Kraft, welche bewegte expansible Flüssigkeiten ausüben, mit der sie gegen andere Körper stoßen, betrifft, so bilden dieselben die drei Haupttheile der Aërodynamik oder Pneumatik. Wir müssen daher, und weil dies meistens geschieht (aber auch um gegenwärtigen Artikel nicht zu verhältnißmäßig auszudehnen), diese wichtigen Gegenstände in den Art. Aërodynamik verweisen. Ebenso wird die Lehre von der Bewegung des Wassers am geeignetsten an einem andern Orte abgehandelt (s. d. folg. Art.) werden.

Literatur. Die vorzüglichsten Werke, welche meistens die Lehre von der Bewegung überhaupt abhandeln, sind nach der Zeitfolge nachstehende:

Wallis, Mechanica. III. Lond. 1660; — des Cartes, Traité de méc. Par. 1668; — Newton, Principia mathem. philos. nat. 3. Ausg. Lond. 1726, 4. Ausg. Genf 1739; — Euler, Mechanica seu motus scientia, 2 Voll. Petersb. 1736; — Camus, élém. de méc. 2 Voll. Par. 1751; — Lacaille, Léç. élém. de méc, Par. 1757; — Euler, Theoria mot. corp. rigid. Rostock u. Greifsw. 1790; — Kästner, Anfangsgr. d. höh. Mech. Gött. 1793; — Lagrange, Méc. analyt. 2 Voll. Par. 1788; übers. v. Murhard, Gött. 1797; neue Aufl. d. Originals, Par. 1814; — Parkinson, Syst. of Mechanics, Lond. 1789; — d'Alembert, Traité de dynam. Par. 1796 (neueste Aufl.); — Laplace, Méc. cél. V Voll. Par. (hiervon auch eine deutsche Uebers. v. J. K. Burckhardt); — Ilt. Theorie d. Beweg. nach Laplace, 1800; — Francoeur, Traité des élém. de méc. 4. éd. Par. 1807; — Langsdorf, Handb. der gemein. u. höh. Mech. Heidelb. 1807; — Bézout, la mécanique revue par Garnier, Par. 1811 II Voll.; — Prony, Leç. de méc. analyt. Par. 1815; — G. W. Brandes.

Lehrb. d. Geſetze des Gleichgew. u. der Beweg. Leipz. 1817; — Eytelwein, Handb. d. Mechan. feſter Körper, Leipz. 1823; — O. Gregory, theoretiſch-praktiſche u. beſchreibende Darſtellg. d. mech. Wiſſenſch., überſ. v. J. F. W. Dietlein, Halle 1828; — F. J. R. v. Gerſtner, Handb. d. Mech., Prag 1831; — Lardner, on mechanics, Lond. 1831; — Poisson, Traité de méc. II Voll. Neue Aufl. Par. 1833; deutſch v. Stern, Berl. 1835. Poisson, Traité de Dynamique (wovon die deutſche Bearbeitung von Schmidt die beſte iſt); — W. Whewell, a treatise on dynamics, Cambridge 1836; — M. Navier, résumé des léç. de méc. etc. Par. 1841; — Kaiſer, Handb. d. Mech. ohne höhere Analyſis, Karlsr. 1842; — Möbius, Mechanik d. Himmels, Leipz. 1843; J. A. Grunert, Lehrb. d. Mathem. u. Phyſik. III. Theil. Erſte Abthlg. Phyſik, 1. Abthlg.). — In Betreff der die Balliſtik behandelnden Werke ſiehe d. Art. Balliſtik zu Ende. — Eine ſehr geiſtreiche populär abgefaßte Vorleſung über „Gleichgewicht und Bewegung" iſt in Beſſel's Populäre Vorleſungen über wiſſenſchaftliche Gegenſtände. (Hamburg 1848.) S. 458—499. enthalten. J.

Bewegung des Waſſers in Canälen und Flüſſen. Das Waſſer fließt entweder in oben offenen oder in ringsum verſchloſſenen, in natürlichen oder in künſtlichen Leitungen. Die fließenden Waſſer in natürlichen Leitungen, welche faſt immer oben offen ſind, ſind Ströme, Flüſſe und Bäche; die in künſtlichen offenen Leitungen aber Canäle, Gerinne und Gräben, welche ſich dadurch von einander unterſcheiden, daß die Canäle ſchiffbar und größer ſind als die Gräben, die Gerinne aber nicht in die bloße Erde gegraben ſind, ſondern aus Holz, Thon, Stein oder Eiſen beſtehen. Künſtliche, rings umſchloſſene Waſſerleitungen heißen Röhrenleitungen (ſ. d. Art. und Ausfluß). Im weitern Sinne nennt man jedes in einer natürlichen Leitung fließende Waſſer einen Fluß, jedes in einer künſtlichen fließende aber einen Canal. — Diejenige Höhlung in der Erdoberfläche, worin das Waſſer fließt, heißt Bette oder Rinnſel (franz. lit; engl. bed oder channel); daſſelbe beſteht aus dem Grundbette oder der Sohle und den beiden Ufern. Durchſchneidet man ein fließendes Waſſer mit einer gegen die Richtung deſſelben aufrechten Ebene, ſo erhält man den Querſchnitt deſſelben; deſſen Umfang bildet das Quer- oder Breitenprofil, welches wieder aus dem Waſſer- und dem Luftprofil beſteht, indem jenes der mit Waſſer benetzte, dieſes der nicht benetzte Theil des Umfangs iſt. Legt man eine Verticalebene in der Richtung des fließenden Waſſers durch daſſelbe, ſo erhält man den Längendurchſchnitt und das Längenprofil. — Der Abhang eines fließenden Waſſers iſt der Winkel, den ſeine Oberfläche mit dem Horizont bildet. Gewöhnlich giebt man ihn nicht unmittelbar in Graden u. ſ. w. an, ſondern durch das ſogenannte Gefälle, d. h. den Verticalabſtand der beiden Endpunkte einer Fluß- oder Canalſtrecke von beſtimmter Länge, oder durch die Röſche, d. h. das relative Gefälle für die Länge 1 oder das Gefälle dividirt durch die Länge (ſo daß offenbar die Röſche nichts anderes als der Sinus des Abhangs iſt). So ſagt man z. B., die Elbe hat zwiſchen Hohenelbe und Podiebrad auf eine Meile ein Gefälle von 57 Fuß; die Moldau zwiſchen Budweis und Prag auf 100800 Klaftern oder 604800 Fuß, ein Gefälle von $627\frac{1}{2}$ Fuß u. ſ. w. Im letztern Falle iſt die Röſche $= \frac{627,5}{604800} = 0,001 \ldots .$

In demſelben Querprofile iſt die Geſchwindigkeit an verſchiedenen Stellen

verſchieden und zwar nimmt ſie von der Oberfläche nach dem Bette zu ab und iſt am Boden und in der Nähe der Ufer am kleinſten, weil die den Wänden des Bettes näher liegenden Waſſertheile in Folge der Adhäſion des Waſſers am Bette in ihrer Bewegung mehr aufgehalten werden. Bei geraden oder wenig gekrümmten Ufern findet ſich die größte Geſchwindigkeit meiſt in der Mitte, ſenkrecht über der größten Tiefe; bei Krümmungen oder Serpentinen aber liegt ſie weit näher nach der concaven Seite des Ufers. Die Stelle der größten Geſchwindigkeit nennt man den Stromſtrich (franz. fil de l'eau; engl. axis of streamy), die tiefſte Stelle im Bette aber die Stromrinne. Uebrigens bildet das Luftprofil nicht genau eine horizontale gerade Linie, ſondern weil die im Waſſerſpiegel befindlichen Elemente mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten an einander hingehen und daher gegen einander mit ungleicher Stärke drücken, ſo ſtellen ſich die ſchnelleren Elemente über die langſameren und deshalb ſteht das Waſſer im Stromſtriche am höchſten, an den Ufern am tiefſten.

Die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers innerhalb eines Querſchnittes iſt diejenige, welche jedes Waſſertheilchen haben müßte, wenn in einer gegebenen Zeit ſo viel Waſſer durchfließen ſollte, als bei den verſchiedenen innerhalb des Querſchnitts vorkommenden Geſchwindigkeiten wirklich durchfließt; ſie wird daher gefunden, wenn man die in einer Secunde durchfließende Waſſermenge durch den Inhalt des Querſchnitts dividirt. Die mittlere Waſſertiefe aber iſt diejenige Tiefe, welche einen Querſchnitt an allen Stellen haben müßte, um ebenſo viel Inhalt zu haben, als es bei den veränderlichen Tiefen wirklich hat; mithin gleich dem Quotienten aus dem Inhalte des Querſchnittes und der oberen Breite deſſelben.

Ein Fluß iſt im Beharrungszuſtande (franz. permanence; engl. permanency), wenn durch jeden ſeiner Querſchnitte in gleicher Zeit eine gleich große Waſſermenge fließt, oder wenn das Product aus dem Inhalte des Querſchnitts und der mittlern Geſchwindigkeit deſſelben für die ganze Flußſtrecke unveränderlich iſt. Hieraus folgt, daß bei einem im Beharrungszuſtande befindlichen Fluſſe oder bei der permanenten Bewegung des Waſſers die mittlern Geſchwindigkeiten zweier Querſchnitte ſich umgekehrt, wie dieſe ſelbſt verhalten müſſen. Sind die Querſchnitte durchgehends gleich groß, ſo iſt die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers im ganzen Längenprofile conſtant und mithin die Bewegung des Waſſers in demſelben gleichförmig.

Wenn man die Waſſertiefe an irgend einer Stelle eines fließenden Waſſers als Abſciſſe anſteht, in gleiche Theile theilt und die den einzelnen Theilpunkten entſprechenden Geſchwindigkeiten darauf ſenkrecht als Ordinaten aufträgt, ſo erhält man eine Geſchwindigkeitsſcale. Mit Beſtimmung derſelben aus Beobachtungen haben ſich namentlich die Hydrauliker Ximenes, Brünings, Wiebeking und Woltmann beſchäftigt, deren Verſuche ſämmtlich darin übereinſtimmen, daß die Geſchwindigkeit nahe unter der Oberfläche am größten iſt und von da nach oben nur wenig, nach unten aber ſtark abnimmt. Die Endpunkte derſelben bilden eine Curve, nach Gerſtner einen elliptiſchen Bogen; doch kann man dafür ohne großen Fehler eine gerade Linie ſubſtituiren und annehmen, daß die Geſchwindigkeit nach der Tiefe gleichmäßig abnimmt. Für die Geſchwindigkeit v in der Tiefe x unter der Oberfläche nimmt Gerſtner folgenden Ausdruck an.

$\frac{v^2}{2g} = a - bx - cx^2$ (wo g die Beſchleunigung der Schwere = 9,809 Meter = 31,25 F.), und findet aus den Beobachtungen von Ximenes im Arno die unbeſtimmten Coefficienten a = 1,95140; b = 0,01657; c = 0,00116, wenn v in rheinl. Zollen, x in rheinl. Fußen ausgedrückt wird. Eytelwein findet für die Geſchwindigkeit v in x Fuß Tiefe, wenn v_0 die an der Oberfläche ſtattfindende oder größte bezeichnet, $v = (1 - 0{,}008.\ x)\ v_0$, was als mittlere Geſchwindigkeit $v = (1 - 0{,}004.\ h)\ v_0$ giebt, wo h die Tiefe des Fluſſes bezeichnet. Aus den Verſuchen von Ximenes, Brünings und Funk folgt die mittlere Geſchwindigkeit = 0,915 v_0, wenn v_0 die an der Oberfläche iſt; hiernach folgt die Geſchwindigkeit am Grunde = 0,83 v_0. Iſt die ganze Tiefe = h, ſo hat man unter Vorausſetzung einer geraden Linie für die Tiefe x unter dem Waſſer die Geſchwindigkeit $x = \left(1 - 0{,}17\,\frac{x}{h}\right) v_0$. Nimmt man endlich an, daß die Geſchwindigkeit vom Stromſtriche aus nach dem Ufer zu ebenſo wie nach der Tiefe zu abnimmt, ſo hat man für die mittlere Oberflächengeſchwindigkeit wieder 0,915 v_0 und erhält für die mittlere Geſchwindigkeit im ganzen Querſchnitt $v = 0{,}915^2 \cdot v_0 = 0{,}837\ v_0$.

Aus den in kleinen Gräben angeſtellten Verſuchen von du Buat findet Prony die mittlere Geſchwindigkeit für Metermaß $v = \left(\frac{v_0 + 2{,}372}{v_0 + 3{,}153}\right) v_0$, und bemerkt, daß für mäßige Geſchwindigkeiten von etwa 3 Fuß hinreichend genauer $v = 0{,}8\ v_i$ geſetzt werden könne.

In Folge der Adhäſion, Klebrigkeit und Reibung des Waſſers ſetzt das Bette der Bewegung deſſelben immer einen gewiſſen Widerſtand entgegen, der mit der Berührungsfläche zwiſchen dem Bette und dem Waſſer, mithin auch mit der Größe des Waſſerprofils wächſt und dieſem direct, dem Inhalte des Querſchnittes aber umgekehrt proportional iſt. Um daher den Reibungswiderſtand ſo klein als möglich zu machen, muß man dem Querprofil eine ſolche Geſtalt zu geben ſuchen, daß der Umfang bei gegebenem Inhalt möglichſt klein oder der Inhalt bei gegebenem Umfange möglichſt groß iſt. Da nun der Kreis einen größern Inhalt hat, als jede andere gerad- oder krummlinige Figur von gleichem Umfange, ſo iſt er bei ringsumſchloſſenen Waſſerleitungen dasjenige Querprofil, welches dem kleinſten Reibungswiderſtande entſpricht. Bei oben offenen Waſſerleitungen kommt die obere Seite oder das ſogenannte Luftprofil nicht in Betracht, da die Luft der Bewegung des Waſſers keinen oder doch nur einen verſchwindend kleinen Widerſtand entgegenſetzt; demnach iſt für Canäle der Halbkreis das vortheilhafteſte Querprofil, dem ſich das halbe regelmäßige Sechseck, Achteck, Zehneck u. ſ. w. deſto mehr annähern, je mehr Seiten ſie haben. In der Regel kommen bei Canälen, Gräben und Gerinnen nur rectanguläre und trapezoidale Querſchnitte vor; vom erſteren giebt das halbe Quadrat oder Rechteck, welches halb ſo hoch als breit iſt, vom letztern das halbe regelmäßige Sechseck oder das Trapez mit Böſchungswinkeln von 60° den kleinſten Reibungswiderſtand. Nur bei hölzernen, ſteinernen oder eiſernen Gerinnen werden die Querprofile nach dem Halbkreiſe oder dem Rechtecke, bei gemauerten und ausgegrabenen Canälen aber nach Trapezen conſtruirt. Bei Canälen, die in der lockern Erde oder in Sand gegraben werden, iſt jedoch der

Böſchungswinkel von 60 Grad zu groß und würde den Ufern keine hinreichende Stabilität geben; man muß dann dieſen Winkel als eine von der Natur des Erdreichs abhängige Größe anſehen. Iſt der Böſchungswinkel β, ſo erhält man bei gegebenem Inhalte f die zweckmäßigſte Form des trapezoidalen Querprofils, wenn man die Tiefe $a = \sqrt{\frac{f \sin \beta}{2 - \cos \beta}}$, die untere Breite $= \frac{f}{a} - a \cot. \beta$ nimmt. Für Canälen, die bald größere, bald kleinere Waſſermengen fortführen ſollen, giebt man am beſten eine große Böſchung und macht alſo die untere Breite viel kleiner als die obere, damit die Geſchwindigkeit weder bei kleinem Waſſerſtande zu klein, noch bei großem zu groß ausfällt.

Bei der gleichförmigen Bewegung des Waſſers wird das ganze Gefälle h nur auf die Ueberwindung der Reibung des Waſſers im Bette verwendet. Da nun der Reibungswiderſtand dem Umfange p des Waſſerprofils der Länge l und dem Quadrat der mittlern Geſchwindigkeit v direct, dem Inhalte des Querſchnitts f indirect proportional iſt, ſo kann man $h = \frac{m l p v^2}{2 f g}$ ſetzen, wo m eine erſt durch Beobachtungen zu beſtimmende Zahl bezeichnet, die der Coefficient des Reibungswiderſtandes genannt wird. Eytelwein findet aus 91 Beobachtungen von du Buat, Brünings, Funk und Woltmann $m = 0{,}007565$. Indeſſen iſt dieſer Coefficient nicht conſtant, ſondern bei kleinen Geſchwindigkeiten etwas größer, bei großen etwas kleiner. Lahmeyer *) fand aus 255 Verſuchen $m = 0{,}007409 \left(1 + \frac{0{,}00299}{v}\right)$, wenn die Geſchwindigkeit v in preuß. Fußen, oder $m = 0{,}007409 \left(1 + \frac{0{,}00939}{v}\right)$, wenn ſie in Metern ausgedrückt iſt. Für eine Geſchwindigkeit $v = 1\frac{1}{2}$ Fuß geben dieſe Formeln den oben angegebenen Coefficienten $m = 0{,}007565$. Die Theorie der ungleichförmigen Bewegung des Waſſers in Flußbetten läßt ſich auf die der gleichförmigen zurückführen, indem man den Reibungswiderſtand auf einer kurzen Strecke als conſtant anſehen kann.

Aendern Flüſſe oder Canäle ihren Waſſerſtand, indem ſie anſchwellen oder abnehmen, ſo ändert ſich auch die Geſchwindigkeit. Erhöhung des Waſſerſtandes hat nicht nur einen größern Querſchnitt, ſondern auch eine größere Geſchwindigkeit und aus beiden Gründen eine größere Waſſermenge zur Folge. Kennt man die anfängliche Tiefe a, die ſpätere a_1, die obere Breite des Canals b, den anfänglichen Querſchnitt f, den anfänglichen Umfang des Waſſerprofils p, den Böſchungswinkel der Ufer β, ſo iſt für den Fall einer Anſchwellung der relative Zuwachs der Geſchwindigkeit $\frac{v_1 - v}{v} = (a_1 - a)\left(\frac{b}{2f} - \frac{1}{p \sin \beta}\right)$ und der relative Zuwachs der Waſſermenge $\frac{q_1 - q}{q} = (a_1 - a)\left(\frac{3b}{2f} - \frac{1}{p \sin \beta}\right)$, wofür man bei breiten Canälen mit geringer Böſchung mit annähernder Genauigkeit ſetzen kann reſp. $\frac{v_1 - v}{v}$.

*) Erfahrungsreſultate über die Bewegung des Waſſers in Flußbetten und Canälen. Braunſchweig 1845.

$1/2 \frac{a_1 - a}{a}$ und $\frac{q_1 - q}{q} = 3/2 . \frac{a_1 - a}{a}$. Demnach ist unter der angegebenen Voraussetzung die relative Veränderung der Geschwindigkeit die Hälfte, die relative Veränderung der Wassermenge aber das Anderthalbfache von der relativen Veränderung des Wasserstandes.

Schließlich theilen wir einige Angaben über die Gefälle und Geschwindigkeiten der Ströme, Flüsse und Bäche mit. Bei Strömen heißt ein Gefälle groß, wenn es 16—60 rheinl. Fuß, klein, wenn es nur 1—6 Fuß auf eine deutsche Meile beträgt, wonach ein Gefälle von 6—16 ein mittleres ist; bei Bächen im Tieflande beträgt das Gefälle 20—40 Fuß; bei Gebirgshöhen heißt ein Gefälle von 36—50 F. ein kleines, eins von 60—150 F. ein mittleres, eins von 150—300 Fuß ein großes; bei Wildbächen kommen sogar Gefälle von 2000 Fuß auf die Meile vor. Die Elbe hat folgende Gefälle auf eine deutsche Meile:

von Hohenelbe bis Podiebrad 57 Fuß
= Podiebrad = Leitmeritz 9 =
= Leitmeritz = Mühlberg 5,8 =
= Mühlberg = Magdeburg 2,5 =

Der Rhein hat von Laufenburg bis Basel 51 F., von Basel bis Kehl 20 F., von Kehl bis Mannheim 8 F., von Mannheim bis Mainz und von Cöln bis Wesel $1/2$ F., von Mainz bis Cöln $5 1/2$ F. Gefälle auf die Meile; — die Donau von der Quelle bis Ingolstadt $25 1/2$ F., von Ingolstadt bis Wien 10, von Wien bis Pesth $8 3/4$, von Pesth bis zur Mündung $1 3/4$ F.; — die Rhone von Genf bis Bellegarde 68, von Bellegarde bis St. Genix und von Logette bis Lyon 22, von St. Genix bis Logette 15, von Lyon bis zum Meere $11 1/2$ F. auf die Meile.

Die Geschwindigkeit eines Flusses heißt eine große, wenn sie 6—8 F., eine mittlere, wenn sie 3—6 F., eine kleine, wenn sie noch nicht 3 F. in der Secunde beträgt; nur in seltnen Fällen steigt sie bei Flüssen auf 12—13 Fuß. Die der Elbe beträgt bei Jaromierz 7 F., bei Königstein 5, unterhalb Dresden 3,4, die Geschwindigkeit des Rheins bei Basel beim höchsten und niedrigsten Wasserstande nach Tulla resp. 13 und 6, nach Escher resp. 7,7 und 3,5 F., bei Mannheim resp. 4,63 und 2,4 F., bei Coblenz 5, bei Düsseldorf 4, bei Emmerich 3 F.; die der Donau bei Ulm 6,4 F., an der bairisch-österreichischen Grenze $4 1/2$ F.; die der Rhone bei Beaucaire 8 F., bei Arles $4 1/2$ Fuß. M.

Biegsamkeit, s. Festigkeit.

Bierwage, s. Aräometer.

Birnprobe, s. Luftpumpe.

Bläue des Himmels, s. Farbe des Himmels.

Blasebalg, s. Gebläse.

Blasinstrumente, s. Musikalische Instrumente.

Blei, Plumbum, Saturnus (Atomgewicht = 1294,6 und chemisches Zeichen Pb), ist ein seit den ältesten Zeiten bekanntes Metall, welches in der Natur ausserordentlich selten im gediegenen Zustande vorkommt, selten als reines Oxyd (natürliche Mennige), häufiger das Oxyd in Verbindung mit Kohlensäure (Weißbleierz, Bleispath), Schwefelsäure (Vitriolbleierz), Phosphorsäure (Grün-, Braunbleierz), Arsenikſäure, Chromsäure, Molybdänsäure und Wolframsäure; bei weitem die größte Menge des Bleis findet man in der Natur verbunden mit Schwefel in

deutlichen, dem regulären Systeme angehörenden Krystallen als Bleiglanz, im dichten Zustande als Bleischweif und im erdigen als Bleimulm; das Schwefelblei vereinigt sich außerdem mit andern Schwefelmetallen zu zahlreichen, oft schön krystallisirten natürlichen Schwefelsalzen. Das Ausbringen des Bleis aus den Bleierzen, namentlich dem Bleiglanz, ist an sich sehr einfach und wird nur complicirter, wo andere Schwefelmetalle den Erzen beigemengt sind, wie Schwefelzink, Schwefelammon, Schwefelarsenik, und besonders wenn auf die Gewinnung des Kupfers und Silbers aus den Bleierzen zugleich Rücksicht genommen werden muß. Wir verweisen deswegen auf die Artikel Kupfer und Silber und bemerken hier nur, daß man namentlich zweierlei Methoden zur Gewinnung des metallischen Bleis aus dem Bleiglanze anwendet, einmal die sogenannte Röstarbeit und sodann die Niederschlagsarbeit. Bei der Röstarbeit wird das Erz in hierzu eingerichteten Oefen bei Zutritt der atmosphärischen Luft anhaltend erhitzt oder geröstet, und dadurch von einem Theile seines Schwefelgehaltes befreit; nach dem Rösten hat man ein Gemenge von Blei, Bleioxyd, schwefelsaurem Bleioxyd und unzersetztem Schwefelblei, welches in Schachtöfen oder auch in Flammenöfen mit Kohle (Holzkohle, Cooks oder Steinkohlen) meist unter Zusatz von Kalk, um die sich bildende Schlacke bleiärmer zu machen, niedergeschmolzen wird. Die Producte dieses Schmelzens sind Werkblei, welches wegen seiner Schwere die unterste Schicht im Ofen bildet und für sich in eisernen Formen zur Bildung von parallelepipedischen Blöcken abgelassen wird; Bleistein, welcher noch bedeutende Mengen von Schwefelblei und andern Schwefelmetallen enthält und deswegen von Neuem wiederholt geröstet und theils für sich, theils mit frischem Erz gemengt verschmolzen wird; Schlacken, von denen die gut geflossenen bleiarmen als Flußmittel bei neuen Schmelzungen angewendet werden, die zähflüssigen aber, welche noch viel Blei enthalten, abermals mit Bleierz aufgearbeitet werden. Das durch das Rösten der Bleierze erzeugte basisch schwefelsaure Bleioxyd bildet beim Niederschmelzen mit dem noch unverändert gebliebenen Bleierze niedrigeres Schwefelblei (Pb^2S), aus welchem das Metall, indem der Rückstand sich höher schwefelt, bei gelinder Hitze absaigert ($2\,Pb^2S = 2\,PbS + 2\,Pb$), während der Zusatz von Kalk dazu dient, das Bleioxyd aus den Schlacken auszuscheiden und diese strengflüssiger zu machen durch die Bildung des Schwefelcalciums; der oft auch zugesetzte Flußspath giebt dagegen den Schlacken den nöthigen Grad der Flüssigkeit wieder. Die Niederschlagsarbeit wird ohne vorhergehendes Rösten vorgenommen und beruht auf der größeren chemischen Verwandtschaft des Schwefels zum Eisen als zum Blei und auf der Leichtflüssigkeit des gebildeten Schwefeleisens; die Bleierze werden mit Eisengranalien oder zum Theil auch mit Eisenfrisch-Schlacken (welche letztere Eisenoxydul enthalten, bei dessen Reduction der Schwefel theilweise in schweflige Säure verwandelt wird) gemengt und in Hohöfen oder Halbhohöfen niedergeschmolzen, wodurch man Blei, Schlacken und bleihaltiges Schwefeleisen erhält, welches letztere geröstet und abermals verschmolzen wird. Um aus dem Werkblei das in ihm gewöhnlich enthaltene Silber zu gewinnen, wird es auf dem Treibherde oxydirt; die gebildete Bleiglätte wird wieder durch Kohle reducirt zu Weichblei, Frischblei oder Kaufblei. Um das chemisch reine Metall darzustellen, glüht man entweder das durch wiederholte Krystallisation gereinigte salpetersaure Bleioxyd und reducirt das gebildete Bleioxyd in einem Tiegel mittelst Kohle, — oder man glüht gut ausgewaschenes oxalsaures Bleioxyd im verschlossenen Tiegel

— oder man fällt Bleizuckerlösung durch Schwefelsäure, wäscht das ausgeschiedene schwefelsaure Bleioxyd gut aus und glüht dasselbe im verschlossenen Tiegel heftig mit 2 At. Kohle.

Das chemisch reine Blei krystallisirt unter geeigneten Umständen in regelmäßigen Oktaedern, ist weich, zähe und abfärbend, läßt sich zu dünnen Platten auswalzen, aber nicht zu Draht ziehen, ist bläulich grau und stark glänzend, hat ein specif. Gewicht nach Morveau = 11,358, nach Kupffer = 11,3305, nach Karsten = 11,3888 und nach Berzelius (möglichst rein) = 11,445; es dehnt sich bei der Erwärmung von 0° bis 100° um ungefähr $^1/_{350}$ aus, schmilzt nach Morveau bei 312°, nach Rudberg bei 325°, nach Kupffer bei 334°, verdampft bei heftiger Rothglühhitze und geräth beim Weißglühen ins Kochen. Ist das Blei durch fremdartige Metalle, wie Arsenik, Kupfer, Antimon, Zink verunreinigt, so ist es hart (Hartblei) und ebenfalls durch eine Beimengung von Bleioxyd wird seine Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit bedeutend vermindert. Das metallische Blei wird namentlich zu Platten verarbeitet, aus welchen Tabakblei, Fensterblei, Dachplatten ꝛc. verfertigt werden; auch macht man noch häufig bleierne Cisternen und Wasserröhren, obgleich diese wegen der Bildung von kohlensaurem Bleioxyd und Auflösung desselben in dem kohlensauerhaltigen Wasser der Gesundheit leicht nachtheilig werden können. Große Mengen Blei werden verwendet zur Bereitung von Bleiweiß, Bleigelb, Mennige, Bleizucker ꝛc. zur Reindarstellung des Silbers, zu mancherlei Legirungen mit Zinn, Wismuth und anderen Metallen, wie auch besonders zur Fabrikation von Schrot, zu welchem letzteren Zwecke man dem Hartblei metallisches Arsenik, Schwefelarsenik (Operment) oder weißes Arsenik (arsenige Säure) in einem bestimmten Verhältnisse ($^1/_3$ bis 1 Pfund auf den Centner) zusetzt, um dadurch das Blei härter, dünnflüssiger zu machen und den Schrotkörnern eine möglichst vollkommene Kugelform zu verschaffen.

Das Blei bildet mit dem Sauerstoffe verschiedene Oxydationsstufen; das Bleisuboxyd bildet sich als grauer Ueberzug durch Liegen des metallischen Bleis an der atmosphärischen Luft und in größerer Menge durch vorsichtiges Erhitzen von oxalsaurem Bleioxyd bei Ausschluß der Luft; es ist ein bald mattes, bald sammetartig glänzendes schwarzes Pulver. Das Bleioxyd (gelbes), Massicot, Neugelb, Königsgelb, entsteht theils beim Verbrennen des Bleis an der Luft (Bleiblumen, Flores Plumbi), theils durch Glühen des reinen krystallisirten salpetersauren Bleioxyds oder des ganz reinen Bleiweißes; im Großen aber wird es gewonnen durch Schmelzen des Bleis auf einem flachen Herde und fortwährendes Abziehen der sich bildenden Oxydhaut, oder als Nebenproduct bei der Gewinnung von Silber und Gold auf dem Treibherde (Glätte, Bleiglätte, Gold- und Silberglätte, Chrysitis und Argyritis); durch Mahlen und Schlämmen wird es von den beigemischten metallischen Bleitheilchen getrennt. Das Bleioxyd krystallisirt in blaßgelben regelmäßigen Dodekaedern und in rothen Würfeln; gewöhnlich erscheint es als ein citronen- oder röthlich-gelbes Pulver, welches beim Erhitzen sich braunroth färbt, beim Rothglühen schmilzt und beim Erkalten zu einer aus Krystallblättchen bestehenden Masse gesteht (bei Gegenwart einer nur geringen Menge Kieselerde oder beim Schmelzen in einem irdenen Tiegel bildet sich ein amorphes Bleiglas); es sublimirt unter theilweiser Zersetzung in starker Weißglühhitze, und besitzt ein specif. Gewicht nach Karsten = 9,2092 und nach dem Schmelzen, nach Boullay = 9,50. Das Bleioxydhydrat erhält man durch Fällung

einer Bleizuckerlösung mittelst Ammoniak als ein weißes krystallinisches Pulver, welches bei 130° anfängt sich zu zersetzen und bei 145° die ganze Menge seines Wassers verliert; im feuchten Zustande bläut es das geröthete Lackmuspapier und ist ein wenig in Wasser auflöslich. Das Bleioxyd hat große Verwandtschaft zu den Säuren und bildet mit denselben sowohl basische als neutrale, seltener saure Salze; die Bleioxydsalze sind farblos, wenn die Säure nicht eine Färbung hervorbringt, sie sind großentheils in Wasser auflöslich, schmecken dann süßlich zusammenziehend und röthen Lackmus; aus diesen Auflösungen wird das Blei im metallischen Zustande in Form von Dendriten durch Zink, Cadmium, Zinn und langsam durch Eisen gefällt (Bleibaum, Arbor Saturni). Schwefelwasserstoff zeigt in Auflösungen das Blei bis zu $\frac{1}{200000}$ an und bildet dann eine schwache Bräunung, bei größerer Concentration einen schwarzen Niederschlag; bei Gegenwart von viel Salzsäure zeigt sich eine rothe Fällung, welche erst nach und nach braun und schwarz wird. Durch kohlensaures Ammoniak werden die Bleilösungen noch bei Verdünnung mit 50000 Th. Wasser milchig, bei Gegenwart von 200000 Th. Wasser auf 1 Th. Blei nach 10 Minuten noch opalisirend; Schwefelsäure bildet noch so eben einen Niederschlag bei Gegenwart von 20000 Th. Wasser und oxalsaures Alkali bei 100000 facher Verdünnung. Das Bleioxyd wendet man vorzugsweise an zur Darstellung des Bleiglases, der Bleiglasur, von Pflastern, Bleizucker und Mennige, früher auch als Farbe zum Lackiren, wo es aber jetzt durch das chromsaure Bleioxyd allgemein verdrängt ist.

Das Bleihyperoxydul (rothes Bleioxyd, Mennige, Minium, Deutoxide de plomb) erhält man durch längeres dunkles Glühen des reinen Bleioxyds an der Luft (in England besonders aus dem möglichst kupferfreien Blockblei), Pulvern, sorgfältiges Sieben und Schlämmen, nochmaliges vorsichtiges Glühen, bis die Farbe den höchsten Grad der Lebhaftigkeit angenommen hat, wiederholtes Pulvern, Schlämmen ꝛc. Das sogenannte Pariserroth ist mehr orangefarben, wird durch sehr vorsichtiges Glühen von kohlensaurem Bleioxyd gewonnen und enthält noch 4 bis 5 Proc. Kohlensäure beigemischt. Die Mennige ist ein hell scharlachrothes krystallinisch-körniges Pulver von verschiedenen Farbennüancen und von 9,09 specif. Gewicht, wird bei der Erhitzung zuerst noch lebhafter roth und dann violettfarbig; es verliert bei stärkerer Rothglühhitze 2,4 Proc. Sauerstoff und verwandelt sich wieder in geschmolzenes gelbes Oxyd; es giebt schon bei gewöhnlicher Temperatur an viele oxydirbare Körper Sauerstoff ab und entbindet aus Salzsäure Chlorgas. Die Mennige ist ein mechanisches von Bleioxyd und Bleihyperoxyd, oftmals nach bestimmten atomistischen Verhältnissen zusammengesetzt ($Pb^3O^4 = 2PbO + PbO^2$), doch auch davon abweichend; das Bleioxyd läßt sich von dem Hyperoxyd trennen durch Behandlung mit verdünnten Säuren, wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Essigsäure u. a. Die Mennige dient als Malerfarbe, zum Färben von Papier, zur Darstellung von Bleiglas, Flintglas und zu Glasuren. Das Bleihyperoxyd (braunes Bleioxyd) $= PbO^2$ erhält man auf die angeführte Weise oder durch Schmelzen des Bleioxyds mit chlorsaurem Kali; es ist ein krystallinisch-blätteriges dunkel-rothbraunes Pulver von 8,933 (Karsten) specif. Gewicht, welches mit mehreren basischen Oxyden Verbindungen eingeht, in welchen es die Rolle einer Säure spielt (bleisaure Salze; die Mennige kann als bleisaures Bleioxyd betrachtet werden).

Das Blei verbindet sich mit dem Schwefel in mehreren Verhältnissen

welche Verbindungen sowohl auf nassem als auf trocknem Wege dargestellt werden können; das gewöhnliche durch Fällung der Bleioxydauflösungen mittelst Schwefelwasserstoff erhaltene Einfach-Schwefelblei ist wie der natürliche Bleiglanz zusammengesetzt. Mit Chlor, Brom und Jod vereinigt sich das Blei nur in einem einzigen Verhältnisse; das Chlorblei oder Bleichlorid (Magisterium Plumbi) krystallisirt in weißen seidenglänzenden Nadeln, ist in 135 Th. heißem und weniger heißem Wasser auflöslich, von salzsäurehaltigem Wasser gebraucht es 1636 Th. zur Auflösung; es kommt in der Natur in Verbindung mit kohlensaurem Bleioxyd als Hornblei vor ($PbCl + PbO, CO^2$) und bildet mit Bleioxyd vereinigt mehrere Mineralien und künstliche Präparate, von welchen letzteren das englische Gelb oder Turner's Patentgelb durch Behandlung feingemahlener Bleiglätte mit $^1/_4$ bis $^1/_8$ Kochsalz und Wasser, das Cassseler Gelb durch Schmelzen eines Gemenges von 1 Th. Salmiak mit 10 Th. Massikot bereitet wird ($^1/_8$ basisches Bleichlorid $= PbCl + 7\,PbO$).

Von den Salzen des Bleioxydes sind mehrere von Bedeutung für die Medicin und die technischen Gewerbe; zu den wichtigsten unter diesen gehört das kohlensaure Bleioxyd. Die Kohlensäure verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit dem Bleioxyd: das halbkohlensaure Bleioxyd ($2\,PbO, CO^2 + aq.$) bildet sich als Ueberzug auf Bleiplatten, welche unter Wasser der Luft längere Zeit ausgesetzt werden; es kann als Farbe nicht gebraucht werden, weil es nicht die deckende Eigenschaft des Bleiweißes besitzt. Das meiste im Handel vorkommende Bleiweiß ist wahrscheinlich zwei Drittel kohlensaures Bleioxyd oder neutrales kohlensaures Bleioxyd verbunden mit Bleioxydhydrat $2\,(PbO, CO^2) + PbO, HO$). Die Darstellung des Bleiweißes beruht auf der Fähigkeit des Bleioxydes, aus einer Auflösung von basisch-essigsaurem Bleioxyd mittelst freier Kohlensäure niedergeschlagen zu werden; das Bleioxyd für sich allein absorbirt nur sehr langsam die Kohlensäure und bildet nur halb-kohlensaures Salz und es muß aber der Bildung des Bleiweißes immer die des basisch-essigsauren Bleioxydes vorausgehen. Die neuere Bereitungsweise des Bleiweißes besteht darin, daß man in eine mit Bleiglätte gesättigte Auflösung von Bleizucker direct die Kohlensäure hineinleitet, von dem Niederschlage des Bleiweißes die Flüssigkeit abgießt, diese wiederum mit Bleioxyd sättigt, dann abermals Kohlensäure durchleitet ꝛc. (französische Methode), oder man macht einen Teig von etwa 100 Th. feingeriebener Bleiglätte mit der wässerigen Lösung von 1 Th. Bleizucker, läßt unter beständiger Bewegung mittelst geriefter Walzen Kohlensäure mit diesem Brei in Berührung treten, bis dieselbe nicht weiter absorbirt wird und schlämmt die so behandelte Masse mit Wasser aus (englische Methode). Bei der ältern Bereitungsweise, welche noch jetzt an vielen Orten, namentlich in Holland, Deutschland und im nördlichen Frankreich befolgt wird, werden irdene, inwendig glasirte Töpfe zu $^1/_4$ mit Biereſſig gefüllt, auf dieselben spiralförmig gebundene Bleiplatten lose aufgelegt, in einem Schoppen über Pferdemist reihenweise aufgestellt, mit Bretern und dann mit Mist bedeckt und oft in sechs über einander stehenden Reihen aufgeschichtet; der sich zersetzende Mist entwickelt Wärme und Kohlensäure; die Bleiplatten überziehen sich zuerst mit einer Schicht von Bleioxydhydrat, dieses verbindet sich mit der verdunstenden Essigsäure, und diese Verbindung wird durch die Ausscheidung eines Theils des Bleioxyds als kohlensaures Bleioxyd wieder befähigt mit einer andern Schicht des Bleioxydes sich zu

vereinigen ꝛc. bis nach 4—5 Wochen der größte Theil des Bleis oder die ganze vorhandene Menge in Bleiweiß verwandelt worden ist (holländische Methode). Die sogenannte deutsche Methode zur Darstellung des Bleiweißes, welche man im südlichen Deutschland, namentlich in Klagenfurth und Villach befolgt, unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, daß man Bleiplatten in hölzerne Kasten hineinhängt, auf deren Boden ein Gemenge von Essig und Weinlager sich befindet, und welche sorgfältig verschlossen in einen luftdicht verschlossenen Raum gestellt werden, welcher mittelst Dampfröhren sehr allmälig immer höher geheitzt wird; nach 4—5 Wochen sind dann die Bleiplatten ganz zerfressen, sie werden fein zermahlen, geschlämmt und mit einem Bindemittel, als Stärkegummi versetzt, worauf das Bleiweiß in Formen sich erhärten läßt; das feinste weißeste nennt man Kremserweiß oder Silberweiß. Das Bleiweiß bildet eine reinweiße, erdige, dichte, schwere Masse, die ein specif. Gewicht von 5,55 bis 5,61 hat und von allen weißen Farben die stärkste deckende Kraft besitzt; unter dem Mikroskope betrachtet besteht es aus nicht krystallinischen, durchsichtigen runden oder ovalen Kügelchen, die meist nicht größer sind als 0,00001 bis 0,00003 Zoll. Je weniger Bleioxydhydrat es enthält, desto besser deckt es und desto weniger hat es die Neigung nach und nach sich zu bräunen; das im Handel vorkommende Bleiweiß ist oft mit Schwerspathpulver, Gips oder Kreide versetzt, welche Zusätze leicht durch chemische Mittel nachgewiesen werden können. — Das einfach-kohlensaure Bleioxyd kommt in der Natur als Weißbleierz oder Bleispath vor und wird künstlich dargestellt durch Fällung eines neutralen Bleioxydsalzes mittelst eines kohlensauren Alkalis.

Das schwefelsaure Bleioxyd findet sich schön krystallisirt in den Formen des zwei- und zweigliederigen Systemes in der Natur vor und wird durch Behandlung von Bleioxyd oder von Bleioxydsalzen mit Schwefelsäure leicht dargestellt; auch erhält man es als Nebenproduct bei der Bereitung verschiedener chemischer und technischer Präparate, wie der concentrirten Essigsäure aus essigsaurem Bleioxyd, des Essigäthers und besonders der in den Kattundruckereien vielfach als Beizmittel angewendeten essigsauren Thonerde aus Alaun und Bleizucker. Das schwefelsaure Bleioxyd schmilzt in der Glühhitze und erstarrt beim Erkalten zu einer krystallinischen Masse; es wird in der Glasfabrikation verwendet, ferner zur Darstellung des chemisch reinen Bleis, als Versatzmittel des Bleiweißes und in der Kattundruckerei als Beizmittel. Des salpetersauren Bleioxydes bedient man sich ebenfalls in der Kattundruckerei, um mit chromsaurem Kali gelbe und orange Farbentöne zu erhalten und das kieselsaure Bleioxyd macht bekanntlich den Hauptbestandtheil des Bleiglases, des Flintglases und der gewöhnlichen Töpferglasur aus. Ueber das chromsaure Bleioxyd s. den Art. Chrom.

Mit der Essigsäure geht das Bleioxyd mehrere Verbindungen ein, unter denen die gewöhnliche, in der Medicin vielfach angewendete, der Bleizucker oder neutrales essigsaures Bleioxyd ($\dot{A}c$, PbO + 3aq.) durch Auflösung des Oxydes in der Säure oder durch Behandlung des metallischen Bleis mit Essig dargestellt wird; es krystallisirt in weißen durchsichtigen Säulen oder Nadeln, schmeckt widerlich süß und zusammenziehend und wirkt vor allen andern auflöslichen Bleisalzen besonders giftig; es röthet schwach Lackmus und verliert an der Luft etwas Essigsäure und läßt sich dann nicht mehr klar in Wasser auflösen. Das drittel-essigsaure Bleioxyd erhält man durch Auflösen von 7 Theilen reiner Blei-

glätte in 6 Th. Bleizucker mit 30 Th. Waſſer; man kann es in ſeidenglänzenden feinen Nadeln erhalten, die waſſerfrei ſind; in der Medicin wird es nur im aufgelöſten Zuſtande unter dem Namen von Bleieſſig angewendet; mit der Zeit und namentlich bei Zutritt der Luft ſetzt es etwas ſechſtel-eſſigſaures Bleioxyd und kohlenſaures Bleioxyd ab, während zugleich in der Auflöſung neutrales eſſigſaures Bleioxyd entſteht. Papier und Holz mit Bleieſſig getränkt und getrocknet, werden dadurch außerordentlich leichtentzündlich; ſie glimmen fort wie Zunder. Das Bleioxyd geht auch chemiſche Verbindungen ein mit Harz, Stärke, Gummi, Zucker, Eiweiß und andern nicht ſauren organiſchen Subſtanzen. E. W.

Bleibaum, ſ. Metallbaum.

Bleiloth, ſ. Nivelliren.

Bleiwage, ſ. Waſſerwage.

Blendung iſt eine undurchſichtige, gewöhnlich ſchwarze Bedeckung von Pappe, Holz oder Blech, mit einer Oeffnung (lat. Apertura) in der Mitte, welche man geſchliffenen Gläſern zu geben pflegt, um die weiter gegen den Rand einfallenden Strahlen abzuhalten, weil nur die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen ſich gut im Brennpunkte vereinigen.

Blitz, ſ. Gewitter.

Blitzableiter, ſ. Gewitter.

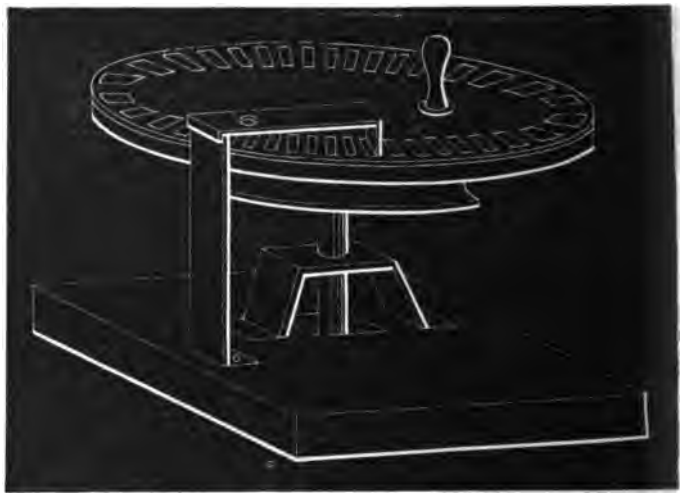
Blitzfänger, ſ. Gewitter.

Blitzmeſſer, ſ. Gewitter.

Blitzrad hat Neeff *) ein von ihm erfundenes Inſtrument genannt, welches beſtimmt iſt, die Leitung eines durch einen Elektrometer erzeugten elektriſchen Stromes in ſchnellen auf einander folgenden Abwechſelungen zu unterbrechen und wieder herzuſtellen, oder die galvaniſche Kette abwechſelnd ſchnell hinter einander zu ſchließen und zu trennen. Beim Schließen der Kette ſowohl als beim Trennen derſelben erhält man, wenn man das Schließen und Trennen mit ſeinem Körper bewirkt, einen Schlag; durch das Blitzrad nun kann man dieſe Schläge vervielfältigen, ſo daß man in ſehr kurzer Zeit eine große Anzahl ſolcher Schläge erhält. Neeff geht nun von der Vorſtellung aus: der Schlag, den der menſchliche Körper beim Schließen und Trennen empfange, ſei ein den Körper durchzuckender Blitz (im Kleinen), und deshalb nennt er ſeine Erfindung ein Blitzrad. Dazu kommt noch, daß bei der Anwendung ſowohl einer einfachen Kette als einer Batterie (welche mit dem Blitzrade in Verbindung geſetzt wird) an dem Apparate beim Unterbrechen und Wiederherſtellen der Leitung eine große Menge von Funken aufblitzen, bis die Kraft des Elektrometers durch Wirkungsabnahme bedeutend nachläßt.

Neeff giebt von ſeinem Apparate folgende Beſchreibung. Eine horizontale Kupferſcheibe, $1\frac{1}{2}$ Par. Linie dick, $6\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer, iſt auf einer, in ihrer Mitte unten aufgelötheten, verticalen kupfernen Axe drehbar; die Axe iſt 3 bis 4 Linien dick, 3 Zoll 2 Lin. hoch; ein Meſſingbügel hält ſie in ihrer Richtung, welcher in einem 7 Zoll haltenden viereckigen hölzernen Brete befeſtigt iſt. In der Mitte hat dieſes Bret eine Vertiefung, mit Kupfer ausgefüttert, worin die coniſch zugeſpitzte Axe ſich dreht und in welche etwas Queckſilber gegoſſen werden kann, um die Scheibe mit dem einen Pol (durch einen Leitungsdraht) eines Elektrometers in Verbindung zu ſetzen. Am Rande der Scheibe ſind 36 Oeffnungen

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 352.



in der Scheibe angebracht, welche in der Richtung der Radien 10 Linien lang und 3 bis $4^1/_2$ Linien breit sind. Diese Oeffnungen werden mit Holz, Glas, Porzellan oder einer andern isolirenden Substanz ausgefüllt. Zwischen ihnen befinden sich die schmäleren Fortsetzungen der Scheibe, die wir Kupferbrücken nennen wollen. Nahe an der Mitte der Scheibe ist ein Knopf zum Drehen derselben. Man sieht, daß, wenn man einen Metallstreifen, der mit dem anderen Pol des Elektrometers verbunden ist, unter irgend einem Winkel an den durchbrochenen Rand der Scheibe hält, diese beim Umdrehen bald mit dem eingelegten Isolator, bald mit der 2 bis $2^1/_2$ Lin. breiten Kupferbrücke, die zwischen den Oeffnungen durchgeht, unter dem Entladungsstreifen weggleitet, und daß folglich bei jeder Umdrehung die Kette 36 Mal geschlossen und getrennt wird. Zu diesem Zwecke ist ein 7 Lin. breiter, $^1/_4$ Lin. dicker Kupferstreif seitwärts angebracht, durch ein Loch auf einem Stifte ruhend mit dem einen Ende, mit dem anderen umgebogenen auf der Scheibe. Es ist eine Vertiefung in diesen Streifen eingetrieben, um einen Queckſilbertropfen aufzunehmen, zur Verbindung mit dem andern Pol. Man kann das Rad in einer Secunde bequem bis zu vier Malen, auch etwas darüber umdrehen, so daß in der Secunde bis etwa 160 Schließungen und ebenso viele Trennungen möglich sind, also bis 10000 in einer Minute. Begehrt man noch größere Geschwindigkeit, so läßt sie sich durch eine Schnur ohne Ende bewirken, für die eine Spule unter der Kupferscheibe unter einer Holzunterlage angebracht ist.

Der Apparat läßt sich vielfach abändern*) und vielfach anwenden. Ich will hier nur noch anführen, was Neeff über die Art und Weise, wie der Gefühlssinn durch denselben afficirt wird, sagt. Man nehme eine Batterie von mäßiger Stärke

*) So kann man z. B. ein metallenes verticales gezahntes Rad um eine metallene horizontale Axe drehbar machen, und eine Stahlplatte oder einen Draht gegen die Zähne federn lassen. Die Axe des Rades wird dann mit dem einen Pol des Elektrometers in leitende Verbindung gesetzt, die Feder mit dem andern. Das Queckſilber zur Herstellung der Verbindung kann man gänzlich entbehren, indem sich die metallische Verbindung durch metallische neue Federn und Bremsen leichter und sauberer herstellen läßt.

und wenigen, z. B. 36 Plattenpaaren. In zwei Gefäße gießt man Queckſilber und darüber ein wenig ſtark verdünnte Schwefelſäure oder auch bloß letztere, wenn die Gefäße ſchon metallene ſind. Dieſe Gefäße ſtehen nahe beiſammen, doch ohne ſich leitend zu berühren. Man tauche nun zwei Finger einer Hand (nur darf an den Fingern nicht die kleinſte Verletzung ſein) in die Gefäße und ſchließe die Kette durch Verbindungsdrähte zuerſt nur mit 12 Lagen. Man wird beim Schließen den Schlag fühlen, während des Geſchloſſenſeins nichts, beim Wiedereröffnen der Kette (durch Wegnahme eines Verbindungsdrahtes) den Trennungsſchlag, welcher um deſto merklicher iſt, je kürzer das Geſchloſſenſein gedauert hat, immer aber ſchwächer iſt, als der Schließungsſchlag. Man merke ſich genau dieſe Empfindungen. — Jetzt vermittle man die Verbindung eines Gefäßes mit der Batterie durch das Blitzrad, deſſen Entladungsſtreif auf einem Iſolator aufliegt. Man drehe langſam die Scheibe, ſo daß die Entladung geſchieht, dann weiter, wieder auf einen Iſolator. Die Empfindungen werden genau dieſelben ſein, wie bei dem unmittelbaren Conflict mit der Kette. — Nun drehe man die Scheibe mit mäßiger Geſchwindigkeit um. Man wird in beiden Fingern (und wie gewöhnlich ſtärker im negativen Pol) eine ziemlich gleichmäßig fortdauernde Reihe von raſch ſich folgenden Schlägen fühlen, die man, zumal wenn die Geſchwindigkeit des Umdrehens nur allmälig geſteigert wird, entſchieden als eine Folge von einzelnen appercipirt; welche aber als Geſammteffect die Empfindung eines Singelns und Prickelns geben, genau wie eingeſchlafene Glieder. — Man ſteigere die Lagenzahl auf 24. Die Gefühle werden dieſelben ſein, nur heftiger, ja ſchmerzhaft. — Man ziehe endlich alle 36 Plattenpaare in den geſchloſſenen Kreis. Die Empfindungen ſind abermals dieſelben; aber der Schmerz ſteigt bis zum unerträglichen, beſonders wenn das Rad nicht zu ſchnell in Umſchwung verſetzt wird. Es iſt ein Dröhnen, das ſich conſenſuell aufwärts fortpflanzt, ein Sauſen, wie bei einer Art von Zahnweh, eine Einſchnürung und Torſion der Nerven, die man zu empfinden glaubt und die ſich in eine wohlthuende Expanſion auflöſt, wenn man die Kette trennt. Bilden mehrere Perſonen, die ſich die benetzten Hände reichen, eine Kette, ſo fühlen alle das Singeln in den Händen, nur gemindert. — Schließt man nun die 36 Lagen unmittelbar, ohne Vermittlung des Blitzrades, wiederholt man ſelbſt dieſe Schließungen und Trennungen in langſamer Aufeinanderfolge, ſo wird man gewahr werden, wie gering dieſe Senſationen ſind, in Vergleich mit denen der ſchnellen Succeſſion, die das Blitzrad bewirkt.

Die Empfindung, welche eine Säule durch Vermittlung des Blitzrades erzeugt, iſt dieſelbe, wie diejenige, welche eine viel ſtärkere Säule während des Geſchloſſenſeins der Kette erzeugt, jenes eben beſchriebene Singeln. Es wird nämlich durch das Blitzrad durch die ſchnell ſich wiederholenden Schließungen und Trennungen gleichſam die Blitzwirkung des elektriſchen Stromes erhöht, während gleichzeitig der Effect des ſtetig fortwirkenden Stromes, der zwiſchen den Extremen des Schließens und Trennens thätig iſt, bedeutend geſchwächt wird. Nimmt man daher einen Multiplicator als Zwiſchenkörper und hat deſſen Nadel beim Geſchloſſenſein eine conſtante Ablenkung angenommen, ſo oscillirt ſie beim Drehen des Rades auf eine Art, die eine Abnahme der unmittelbaren Wirkung auf weniger als die Hälfte zeigt. Ebenſo wird die Gaserzeugung in einem Waſſerzerſetzungsapparat, den man als Zwiſchenkörper in die Kette gebracht, durch die Wirkung des Blitzrades bedeutend vermindert. Neeff empfiehlt das Blitzrad, beſonders zu mediciniſchen

Zwecken, weil es nicht nur ein Mittel darbietet, den Effect jeder Säule in seiner Intensität zu steigern, sondern auch die leisesten wie die stärksten Wirkungen in anderer Art als der gewöhnlichen den Körper durchdringen zu lassen, [illegible] häufigen Wiederholungen, deren Aufeinanderfolge nach Gefallen beschleunigt [illegible] kann.

Das Blitzrad hat die größte Aehnlichkeit mit dem gleichzeitig [illegible] angegebenen Commutator, bei welchem jedoch keine bloße Unterbrechung, sondern eine Umkehrung des elektrischen Stromes stattfindet (s. d. Art.).

Blitzröhren, Fulgurit, auch Blitzfinder (franz. tubes fulminaires, vitreous tubes) sind röhrenförmige Körper, welche von dem Blitz durch Schmelzung oder Verglasung gebildet werden, wenn er durch Lager von Quarzsand geht. Wir haben in dem Artikel Blitz gesehen, daß der Blitz nichts anderes als eine gleichzeitig zwischen einer ganzen Reihe von geladenen Körpern vorgehende Entladung. Der erste dieser Körper ist im Allgemeinen [illegible] letzte die feuchte Erde. Soll eine Wolke als ein stark positiv elektrischer [illegible] in Wirksamkeit treten, so muß sie ihre negative Elektricität in demselben Verhältnisse an ihre atmosphärische Umgebung abgeben, in welchem sich die positive Elektricität in ihr anhäuft; und soll ein an der festen Erdoberfläche befindlicher Körper der letzte im elektrischen Proceß sein, so muß er ebenso eine seiner Elektricitäten (die nicht durch den Gegensatz beschäftigte) an seine Umgebung abgeben können, aber nur geschehen, wenn diese ein Leiter der Elektricität ist und zugleich in weitreichender Ausdehnung, um durch Verbreitung der freien Elektricität [illegible] dieselbe verschwinden zu machen. Ist daher die Erde an ihrer Oberfläche mit isolirenden Sandmassen bedeckt, so dringt der Blitz durch diese hindurch [illegible] liegenden Wassersammlungen, so also, daß, wenn wir den Blitz mit dem elektrischen Funken vergleichen, die Wolke als Conductor, die Wassersammlung als Entlader und das über derselben befindliche Sandlager als zwischenliegender Körper, welcher durch den überspringenden Funken durchbohrt wird, zu betrachten ist.

Die Blitzröhren bestehen meistens aus ungleich langen und ungleich weiten, nach unten stark verengerten und endlich ganz spitz zulaufenden, zum Theil gekrümmten und mit mehr oder weniger Nebenästen versehenen Röhren, welche inwendig völlig verglaset, nach außen bloß zusammengesintert, zuletzt mit angeklebten, eine sehr rauhe Oberfläche bildenden Sandkörnern überzogen sind und eine schwärzliche oder perlgraue, zuweilen eine röthliche, in den verglaseten Theilen auch eine grünliche Farbe haben. Häufig ist die Oeffnung der Röhre ganz geschlossen, namentlich, wenn dieselbe (durch den Druck des umliegenden Sandes während des flüssigen Zustandes) platt gedrückt ist, so daß es völlig massive Theile von Blitzröhren giebt. Ihr Durchmesser beträgt $^3/_4$ bis 20 Par. Lin., die Dicke der Wände $^1/_4$ bis 11 Lin., die Länge etwa 20 bis 35 Fuß (nach den örtlichen Umständen verschieden), mit Seitenästen von 1 Zoll bis 1 Fuß Länge. Da die Blitzröhren durch Glühen und Schmelzen des Sandes entstehen, dabei aber ringsum von frischem und kaltem Sand umgeben sind, so erkalten sie sehr schnell und erhalten dabei eine Menge von Sprüngen, so daß sie beim Ausgraben in Stücke von $^1/_4$ Zoll bis zu einigen Zoll Länge zerfallen. Dünnwändige Blitzröhren sind auswendig und inwendig besser gerundet und haben weniger Sprünge (wie ja auch z. B. dünne Glasgefäße beim Erkalten minder leicht springen als dicke). Die nächststehend abgebildeten beiden Blitzröhren A und B werden eine bestimmtere Vorstellung über

dieſe Gebilde geben. A wurde von van Converden in der Bantelge im Münſterſchen an der Südſeite eines 15 bis 16 F. hohen Sandhügels aufgefunden, aber nur bis zu einer Tiefe von etwas über 13 Par. F. ausgegraben. Der Hauptſtrom theilte ſich in einer Tiefe von etwas mehr als 1 Fuß in zwei Aeſte, die unter einem Winkel von ungefähr 25° auseinander liefen. Er ſowohl als dieſe beiden Aeſte ſchlängelten ſich, unter einem Winkel von 60°, gegen Norden in den Hügel. Der weſtliche Aſt hatte die erſten 7 Fuß über ſehr unregelmäßige Krümmungen, dann ging er unter einen rechten Winkel und lief gegen 9 Zoll ganz ſenkrecht hinab, kam hierauf wieder unter einen beinahe rechten Winkel in die verlängerte Richtung des obern Stücks zurück und ſchlängelte ſich dann in ihr wie vorher in den Sand fort, bis das ſich vorfindende Waſſer hinderte, ihn weiter zu verfolgen. Er zeigte mehrere kleinere abwärts laufende Seitenzweige von 1—6 Zoll Länge. Der öſtliche Aſt, der etwas ſtärker war wie der vorige, ſandte ebenfalls mehrere kleinere Seitenzweige aus, unter denen ſich beſonders einer auszeichnete, der gegen $1\frac{1}{2}$ Par. Fuß faſt ſenkrecht abwärts lief. Auch bei dieſem Aſt hinderte das Waſſer die weitere Ausgrabung. Die Seitenwände der Hauptröhre waren vom Tage herein verhältnißmäßig nicht bedeutend ſtark und ziemlich zerborſten, wurden aber bald (von kaum 1 F. Tiefe an) allmälig immer dicker und blaſiger. Die Hauptröhre ſowohl als die beiden Röhren, in welche ſie ſich theilte, wurden dabei merklich platter. Die innere Oeffnung war vom Tage herein ſternförmig; ſie verlor ſich aber bei zunehmender Dicke der Seitenwände ſo ſehr (bei dem weſtlichen Aſt in etwa 4 Par. F. Tiefe), daß ſie dann wohl einen halben Fuß beinahe völlig zuſammengeſchloſſen war, und hier zeigten ſich die Röhren vorzüglich platt. Hierauf nahm die Dicke der Seitenwände ganz allmälig wieder ab, es erweiterte ſich die innere Oeffnung nach und nach wieder und wurde, wie auch die Außenſeite der Röhre, abgerundeter, welche letztere bis in dieſe Tiefe vollkommen borkenartig war. Van Converden ſchloß aus der allmäligen Abnahme der Stärke der Röhre von oben nach unten, daß ihre ganze Länge wohl einige 20 bis 30 Fuß betragen müſſe. B iſt eine gleichfalls in der Bantelge von van Converden aufgefundene zweigeſpaltene Blitzröhre von 15 F. Länge, welche die Eigenthümlichkeit hatte, daß immer auf ein Stück ziemlich abgerundeter und dünner Röhre borkenartige, bis 5 Zoll lange Knoten folgten.

Daß nun die beschriebenen Röhren wirklich durch den Blitz gebildet werden, scheint ausgemacht. So erzählt Pfaff *), als der Blitz auf der Insel Amrum im Schleswigschen einschlug, hätten in der Nähe befindliche Matrosen sogleich nachgegraben und die Blitzröhre aufgefunden. Ebenso fand Hagen **) am Fuße einer Birke zu Rauschen in Ostpreußen, an welcher der Blitz herunter gefahren war, zwei Löcher in dem groben, die Birke umgebenden Sande, deren eine in der Tiefe von etwa einen Fuß zu einer Blitzröhre wurde. Dieselbe endete mit Verästelungen in ein faseriges Gewebe an einer unter dem Sande befindlichen Lehmschicht. Der Schullehrer Fechterling zu Auguſtdorf soll gleichfalls eine Blitzröhre unmittelbar nach dem Einschlagen ausgegraben haben ***). Schon vom Jahre 1798 wird von Whitering erzählt, daß, als der Blitz einen Mann, der unter einem Eichbaume stand, getödtet hatte, er an dem Stocke desselben in die sandige Erde gefahren ist; und als man später an dieser Stelle nachgrub, fand man 12 Z. unter der Oberfläche drei Stücke geschmolzenen reinen Quarzsandes, wovon zwei röhrenförmig und inwendig verglaset, ja sogar bis zum Herabfließen eines Theiles der Masse geschmolzen waren. (S. d. Art. Gewitter.)

Im J. 1829 schlug der Blitz bei Braunschweig in der Nähe eines Schäfers ein; an der vom Schäfer bezeichneten Stelle wurde nachgegraben, und man fand in einer Tiefe von 1 Fuß mehrere Stücke von Blitzröhren ****). Am meisten wird aber die Entstehung dieser Röhren durch den Blitz beglaubigt durch die Versuche, welche Hachette, Savart und Beudant gemacht haben, ähnliche Gebilde mittelst des elektrischen Funkens herzustellen. Es ist ihnen nämlich gelungen, mittelst der stärksten Pariser Elektrisirmaschine Blitzröhren aus Glaspulver oder noch besser aus einer Mischung von Glaspulver mit Kochsalz herzustellen von 25 bis 30 Millimeter Länge, $4^1/_2$ bis $1^1/_2$ Millimeter äußerem und 2 bis $^1/_2$ Millimeter innerem Durchmesser. Diese kleinen Gebilde haben vollkommene Aehnlichkeit mit den großen des Blitzes.

Zuerst ist von Blitzröhren Nachricht gegeben worden durch den Prediger Herrmann †) in Massel in Schlesien, welcher in der Gegend von Massel im J. 1706 solche Gebilde gefunden hat und sie fossile arborescens oder Beinbruch nannte. Derselbe hat jedoch nicht den Grund ihrer Entstehung erkannt, indem er dieselbe vom Einfluß unterirdischer Feuer, deren Vorhandensein er nur vermuthete, hergeleitet.

Hentzen ††) entdeckte um das J. 1796 Blitzröhren in der Senner Heide in Westphalen, und 1801 scheint er die erste Röhre am Ort ihrer Entstehung gefunden zu haben. Derselbe, sowie Blumenbach erklärten sie für Erzeugnisse des Blitzes, und seitdem wurden die Physiker aufmerksamer auf dieselben. Man hat sie an mehreren Orten entdeckt. So im J. 1812 bei Drigg in Cumberland †††), wo drei Röhren senkrecht aus dem Sande herauf standen (vermuthlich

*) Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 111.
**) Gilb. Ann. Bd. LXXIV. S. 325.
***) Schweigg. Journ. Bd. XLIV. S. 245.
****) Ribbentrop, über Blitzröhren. Braunschweig 1830. S. 27.
†) Maslographia oder Beschreibung des schlesischen Massel ꝛc. Brieg 1711. — Gilbert's Ann. Bd. LXXI. S. 337.
††) Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde v. J. 1803. Bd. I.
†††) On the vitreous tubes found near Drigg in Cumberland. London 1814.

weil der Wind einen Theil des ſie umgebenden Sandes weggeweht hatte, wie auch bei den Röhren bei Maſſel bemerkt worden war). — Auf der Senner Heide entdeckte Fiedler *) noch mehrere Blitzröhren. — Auch bei Pillau **) in Preußen, auf der Nietleber Heide bei Halle ***), in der Bantelge im ehemaligen Bisthum Münſter ****), in der Nähe von Dresden †), bei Zankendorf ††) unweit Malaizka in Ungarn, unter dem Regenſtein bei Blankenburg †††), zu Drigg °) in Cumberland hat man Blitzröhren gefunden. Eine der bei Dresden durch Fiedler gefundenen Blitzröhren wird im Muſeum der Naturgeſchichte zu Dresden aufbewahrt. Sie beſteht aus 337 einzelnen Stücken, und rechnet man die Seitenäſte mit, aus 400 Stücken. Die Länge der Röhre beträgt 8 Ellen $5^3/_4$ Zoll, mit Hinzurechnung ihrer Krümmungen über 10 Ellen $16^1/_2$ Z.; der Durchmeſſer derſelben beträgt oben $^3/_8$ Z., endigt ſich aber wie eine ſchwache Krähenfeder. Merkwürdig an dieſer Röhre iſt, daß nach jeder, ſie wie ein Ring oder Wulſt rund umgebenden, Knorrenbildung die Röhre etwa $^3/_8$ bis $^1/_4$ Zoll weit rundlich und etwa nur halb ſo ſtark wie der Knorren, fortſetzt, bis entweder wieder ein ſolcher Knorren folgt oder ihre Außenflächen wieder zackig werden. — Eine ſehr merkwürdige Beobachtung hat Ribbentrop an den von ihm am Regenſteine bei Blankenburg aufgefundenen Blitzröhren gemacht. Dort hat nämlich der in den Sand eindringende Blitz einen eiſenſchüſſigen Knoten getroffen und hier ein Röhrenſtück von einer ſchwärzlich-braunen Glasmaſſe gebildet, welche bedeutend auf den Magnet wirkt. Dieſe Kraft muß der Blitz hervorgebracht haben, weil die in dem Sande vorkommenden Eiſenmaſſen (nach Ribbentrop) nicht auf den Magnet wirken. Ribbentrop führt zwei Fälle an, wo er dieſe Erſcheinung beobachtete. — In den ſandigen Ebenen von Bahia °°) in Braſilien haben ſich ebenfalls Blitzröhren gefunden. Sie zeigen das Eigenthümliche, daß ſie nicht hohle Röhren, ſondern tiefgefurchte kantige Stücke darſtellen, und daß die Sandkörner viel ſtärker verglaſet und in einander geſchmolzen ſind, ſo daß der Bruch zuſammenhängend und glasartig erſcheint, faſt wie am Hyalith, dem ſie auch in Farbe und Durchſichtigkeit nahe kommen, und daß auch die vorſtehenden Ecken der Körnchen wie abgeſchmolzen ausſehen. Wenn man ſie fallen läßt, geben ſie einen hellen Ton wie Glas. — Auch in Africa, am Südrande der Wüſte Sahara im Thale Dibla, haben in den Jahren 1822 bis 1824 Denham, Clapperton und Oudney Gebilde gefunden, welche von König (Director des brittiſchen Muſeums) für Blitzröhren anerkannt worden ſind. Unter dem Sande, in welchem ſie Gebilde vorkommen, finden ſich Waſſeranſammlungen. Nur die Verſchiedenheit des Sandes iſt Grund zu wenigen Abweichungen dieſer Blitzröhren von den in England gefundenen. Sie ſind in ihrer Structur gleichartiger und reiner, einige derſelben durchſcheinend und farblos. Andere waren hellgrün, hier und da

*) Gilb. Ann. Bd. LV. S. 121.
**) Gilb. Ann. Bd. LV. S. 138.
***) Gilb. Ann. Bd. LV. S. 138.
****) Gilb. Ann. Bd. LXI. 237.
†) Gilb. Ann. Bd. LXVIII. S. 209. Bd. LXXI. S. 301.
††) Gilb. Ann. Bd. LXXIV. S. 214.
†††) Ribbentrop, über Blitzröhren. S. 29. Gilb. Ann. Bd. LXI. S. 245.
°) Gilb. Ann. Bd. LXXIV. S. 218.
°°) Gilb. Ann. Bd. LXI. S. 259.

mit weißen Flecken von halbgeschmolzenen Sandkörnern gezeichnet, auch mit einer Oberfläche, die entweder glatt anzufühlen oder mit schneeweißen, matten, in die verglaste Masse eingedrückten Sandkörnern besetzt war *).

Schon Fiedler hatte bei einer der bei Dresden von ihm aufgefundenen Blitzröhren, und zwar gegen das Ende zu, braune vegetabilische Fasern bemerkt, die von oben nicht eingedrungen sein konnten, weil weiter oben die Röhre an manchen Stellen gänzlich zusammengeschmolzen war. Ribbentrop bemerkte bei den Blitzröhren am Regenstein ähnliches. Sie bestehen aus halbverkohlten Pflanzentheilen, welche vom Blitze wahrscheinlich mit fortgerissen wurden, als er in seinem Wege auf Wurzeln und dergl. traf. — Ueber den Blitzröhren verwandte mineralische Gebilde werden wir im Art. Gewitter sprechen.

Trotz der angeführten Thatsachen, bemerkt Rose **), die Entstehung der sogenannten Blitzröhren durch den Blitz sei wenig oder gar nicht historisch begründet; vielmehr schienen sie, anderen röhrenartigen Concretionen in sandigem Terrain analog, d. i. durch an Wurzelwerk u. s. w. herabrinnendes Wasser nach und nach entstanden zu sein.

Blitzfinter, s. Blitzröhren.

Blutregen, s. Regen.

Bohrbrunnen, s. Quellen.

Bor, Boron, Boracium, Bora (Atomgew. = 136,2, Chem. Zeichen = B), ein einfacher nichtmetallischer Körper, oder Metalloid, wurde zuerst im J. 1808 von Gay-Lussac und Thenard und gleich nachher von H. Davy aus der Borsäure abgeschieden, welche Homberg 1702 im Borax entdeckt hatte. Er findet sich als freie Borsäure in dem Wasser heißer Quellen im Toscanischen (Lagunen, kleine heiße Seen, an deren Rändern die Borsäure als Sassolin herauskrystallisirt) oder diese Säure in Verbindung mit Natron als Tinkal (in Ostindien und Tibet) und mit andern Salzbasen in verschiedenen nicht häufig vorkommenden Mineralien, wie im Boracit, Datolith, Botryolith, auch im Turmalin, Arinit und Rhadicit. Das Bor gewinnt man aus der Borsäure durch Glühen derselben mit Kalium oder aus dem Fluorborkalium auf dieselbe Weise. Es bildet ein dunkelbräunlich-grünes, undurchsichtiges, geschmack- und geruchloses, unschmelzbares Pulver, sinkt in Schwefelsäure zu Boden; bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt es sich nicht an der Luft, verbrennt aber bei etwa 320° unter röthlichem Feuer und Funkensprühen zu Borsäure. Diese bildet die einzige Oxydationsstufe des Bors, welche bisher bekannt ist (BO^3) und wird entweder im Großen durch Verdampfen des Wassers der Laguni gewonnen oder durch Zersetzung von 1 Th. Borax mit $1/2$ Th. Vitriolöl und 4 Th. kochenden Wassers bereitet; die beim Erkalten der auskrystallisirende Säure ist ein Hydrat = BO^3, 3 HO, welches in weißen, kleinsamen perlmutterglänzenden und fettig anzufühlenden Blättchen anschießt. Über 100° die Hälfte des Krystallwassers (2 BO^3, 3 HO) und bei höherer Temperatur unter starkem Aufschäumen den ganzen Wassergehalt verliert, wobei der Wasserdampf einen Theil der Borsäure mit fortreißt; bei dem Rothglühen schmilzt die Borsäure und bildet nach dem Erkalten ein farbloses, durchsichtiges, hartes

*) Denham, Narrative etc. p. 30. Appendix. p. 250. Pogg. Ann. Bd. I. S. 483.
**) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 873.

sprödes Glas von 1,83 specif. Gewicht; sie ist geruchlos, schmeckt schwach bitterlich, nicht säuerlich, röthet schwach Lackmus und verbrennt in Weingeist aufgelöst oder mit Schwefel gemengt mit grüner Flamme. Zu den Salzbasen hat die Borsäure bei gewöhnlicher Temperatur nur wenig größere Verwandtschaft als die Kohlensäure, in der Glühhitze treibt sie aber, wie die Kohlensäure, alle zu verflüchtigenden Säuren aus deren Verbindungen aus; sie verbindet sich in sehr verschiedenen Verhältnissen mit den Basen, und in ihren Salzen ist 1 At. Basis mit $^2/_3$, 1, $1^1/_3$, $1^1/_2$, 2, 3, 4 oder 6 At. Säure verbunden. Man betrachtete früher das in der Natur vorkommende borsaure Natron (1 : 6) als ein neutrales Salz, während man jetzt nach der Entdeckung der Salze = 1 : 3 diese nach Analogie anderer Salze als die neutralen ansehen muß. Die meisten borsauren Salze schmelzen in der Glühhitze zu einem durchsichtigen Glase, welches durch Metalloxyde verschiedenartig gefärbt wird; mit Schwefelsäure und Weingeist übergossen theilen sie der Flamme des letztern eine grüne Farbe mit, welche ebenfalls bei der Löthrohrlampe sich zeigt, wenn man diese Salze mit saurem schwefelsaurem Kali gemengt in der Löthrohrflamme glüht. Mit Schwefel verbindet sich das Bor zu einem weißen pulverförmigen Körper, welcher das Wasser schnell und heftig zersetzt, mit Chlor zu einem farblosen Gase, welches mit Wasser in Berührung in Salz- und Borsäure zerfällt und ebenso bildet es mit dem Fluor ein farbloses saures, leicht zersetzbares Gas (BF^3), wovon das Wasser nach J. Davy 700 Maß absorbirt, während zugleich eine Zersetzung des Wassers und Fluorbors und die Bildung von flußsaurer Borsäure erfolgt ($BF^3 + 3\,HO = BO^3 + 3\,FH$), einer farblosen, rauchenden, ölartigen Flüssigkeit von 1,77 specif. Gewicht, welche sehr ätzend wirkt, organische Stoffe verkohlt, weit über 100° kocht und großentheils unverändert sich überdestilliren läßt. Das wichtigste unter den borsauren Salzen ist der Borax oder das borsaure Natron ($NaO, 2\,BO^3$); der rohe Borax oder Tinkal kommt in krystallinischen, meist zusammengesinterten Massen vor, halb durchsichtig, grauweiß oder gelb-grünlich, gewöhnlich durch Kalk und Magnesia verunreinigt, von welchen Stoffen und von einer ihm anhängenden seifenartigen Materie oder Bergfett er in eigenen Raffinerien, besonders in den europäischen Seestädten, durch Maceriren mit gelöschtem Kalke, mehrmaliges Auflösen in wenig Wasser, Filtriren und langsames Krystallisiren getrennt wird. Der gewöhnliche Borax enthält 10 At. (47 Proc.) Krystallwasser und scheidet sich aus einer nicht ganz gesättigten Auflösung unter 56° in rechtwinkligen, dem zwei- und eingliedrigen Systeme angehörenden Säulen aus, deren specif. Gewicht = 1,74 ist, und welche an der Luft nur oberflächlich verwittern, beim Erwärmen zerspringen, in Feuer unter Entweichung des Wassers sich aufblähen zu einer schwammigen Masse (calcinirter Borax, Borax usta) und in der Glühhitze zu wasserfreiem Boraxglase zusammenschmelzen; dieses Salz löst sich in 12 Th. kaltem Wasser und in 2 Th. kochendem auf. Aus einer heißen wässerigen Lösung, welche so viel Borax enthält, daß sie bei 100° ein specif. Gewicht = 1,246 besitzt, beginnt der Borax bei 79° in regelmäßigen Octaedern sich auszuscheiden, welche Ausscheidung bis 56° anhält, während unter dieser Temperatur der gewöhnliche Borax sich bildet; diese octaedrischen Metalle enthalten nur 5 At. Wasser (30,86 Proc.), haben ein specif. Gewicht von 1,815, sind härter als der gewöhnliche Borax, von glänzendem muschligen Bruch, springen nicht bei der Erwärmung und werden an feuchter Luft durch Aufnahme von Wasser undurchsichtig. In neuerer Zeit stellt man den Borax auch vielfach dar durch Behandlung

der italieniſchen Borſäure mit einer Auflöſung von kohlenſaurem Natron in kochendem Waſſer. Der Borax dient als Entdeckungsmittel verſchiedener Metalloxyde auf trocknem Wege (ſ. d. Art. Löthrohr) und beſonders zum Löthen für Gold- und Silberarbeiter, als Fluß zur Unterſuchung der Erze, zur Darſtellung feiner Gläſer (Spiegelglas), des Straß und leichtflüſſiger Gläſer zu Glaſuren. E. W.

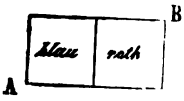
Bouſſole, ſ. Declinatorium.

Brandung, ſ. Meer.

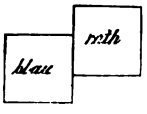
Braunſtein, ſ. Mangan.

Brechbarkeit (lat. refrangibilitas; franz. réfrangibilité; engl. refrangibility) iſt die Eigenſchaft des Lichtes, beim Durchgange durch einen Körper eine andere Richtung anzunehmen, als in der es ſich vor dem Eintritte in denſelben fortpflanzte, alſo gebrochen zu werden, ſ. d. Art. Brechung. Beſonders bemerkenswerth iſt aber die Erſcheinung, daß das weiße Licht, wenn es gebrochen wird, in farbige Strahlen zerlegt wird, ſo daß jeder weiße Lichtſtrahl aus farbigen Strahlen zuſammengeſetzt erſcheint, welche, da ſie (bei demſelben Mittel) unter verſchiedenen Winkeln von der urſprünglichen Richtung abgelenkt werden, bei der Brechung geſondert erſcheinen. Aber auch wenn einfarbiges Licht gebrochen wird, erſcheint der rothe Lichtſtrahl weniger brechbar als der blaue; und wenn man z. B. einen rothen kleinen Körper durch das Prisma betrachtet, ſo ſieht man ihn in geringerem Abſtande von ſeinem wahren Orte, als einen daneben liegenden blauen. Hierher gehören folgende Verſuche von Newton *). Man theile ein Rechteck von ſchwarzem Papiere durch eine Linie, wie (Fig. I.) AB in zwei Hälften, dann färbe man die eine Hälfte ſchön roth, die andere ſchön indigoblau. Hält man nun das Prisma ſo, daß ſeine Kanten parallel der getheilten Seite ſind und ſieht durch daſſelbe AB an, ſo erſcheint, wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt iſt, der blaue Theil viel weiter nach unten gerückt als der rothe, wie es Fig. II. darſtellt. Von dieſem Verſuche theilt Brandes **) zwei die Sache ſehr einleuchtend machende Abänderungen mit. Er ſagt: „Ich will noch zwei andere Abänderungen dieſes Verſuches anführen, die mir ſehr überzeugend ſcheinen. Den erſten Verſuch habe ich mit den brennend rothen Blumenblättern der Lychnis chalcedonica und den ziemlich rein blauen Blättern der Convolvulus tricolor angeſtellt, aus welchen ich Streifchen ſchnitt und ſie (möglichſt genähert) auf ſchwarzem Grunde ſo auf einander legte (Fig. III.), daß der blaue Rand ABCD oben vorragte, während bei EF nichts Blaues zu ſehen war; beſieht man dieſe Streifen durch das Prisma mit nach unten gekehrtem brechendem Winkel, ſo ſieht man, wenn AC nicht über $^1/_3$ Linie breit iſt, oben gar nichts blaues mehr, ſondern GHIK iſt roth, und hat unten (wenn auch CE nicht über $^1/_2$ Linie iſt) einen blauen Rand. Da nun das Blatt der Lychnis ſo rein Roth iſt, daß man, wenn es allein auf Schwarz liegt, ſchwerlich eine Spur von blauem Rande entdecken wird, ſo kann der Rand KIML nur von dem ſtärker gebrochenen

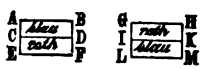
I.



II.



III.

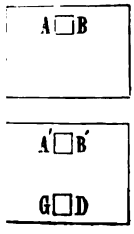


*) Newtoni, optice sive de reflexionibus, refractionibus et coloribus lucis, libri III. Lib. I. Propos. I. Exp. 1.

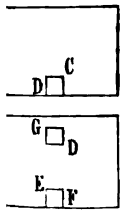
**) Gehler's phyſ. Lex. Neue Ausg. Bd. I. S. 1114.

Blau herrühren. Wäre der rothe Streif breiter, so sähe man das Blau auf dem Roth, wo es dann eine gemischte Farbe darstellte. Die zweite Abänderung des Versuches ist folgende: man lege auf das rothe Parallelogramm (Fig. IV.) ein blaues kleines Blättchen so, daß es rundum von Roth umgeben ist; man betrachte nun die Figur durch das Prisma, so erscheint die Stelle, wo das blaue Blättchen liegt, völlig schwarz, dagegen sieht man weit unterhalb (wenn das rothe Parallelogramm groß genug und der brechende Winkel nach unten gekehrt ist) das blaue Blättchen auf dem Roth. Hier nämlich kommen, durch das Prisma gesehen, die rothen Strahlen von A, B so ins Auge, daß man sie als aus A', B' kommend sieht; aber da das blaue Viereck zwischen AB keine (oder unmerklich wenige) rothe Lichtstrahlen darbietet, so hat der Raum zwischen A'B' gar keine Farbe, sondern ist schwarz (es kommt in dieser Richtung gar kein Licht ins Auge), as Blau erscheint dagegen bei GD auf dem Roth. — Der Versuch würde noch berzeugender sein, wenn er mit Roth auf Blau eben so vollkommen glückte, was ber bei der minderen Reinheit des Blau nicht möglich ist. Am besten gelingt er ch, wenn (Fig. V.) man ein rothes Blättchen CD so auf blauen Grund legt, daß D in der untern Seitenlinie liegt; dann sieht man durch das Prisma das Roth etwa in GD, dagegen ist bei EF ein fast ganz schwarzer Einschnitt."

IV.



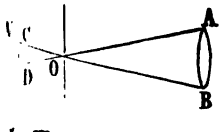
V.



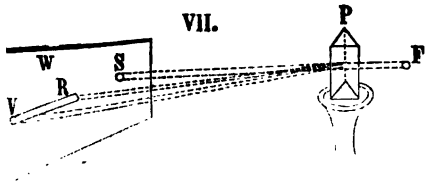
Die verschiedene Brechbarkeit des verschiedenfarbigen Lichtes tritt schon deutlich hervor bei der Entstehung farbiger Strahlen aus den weißen durch Brechung.

Wenn man in ein verdunkeltes Zimmer durch ein kleines Loch im Fensterladen Licht einfallen läßt, so geht das Licht von dem kleinen Loche an aus einander, und wenn man eine Tafel der Oeffnung gegenüber senkrecht aufstellt, so erscheint auf derselben n erleuchteter runder Fleck. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen; denn wenn Fig. VI.) AB die Sonne, O die Oeffnung, durch welche das Licht geht, ist, so geht das Licht von A über O in gerader Linie (s. d. Art. Beugung) hinaus in der Richtung OD und das Licht von B über O hinaus in der Richtung OC, und es erscheint auf der Wand W ein erleuchteter runder Fleck vom Durchmesser CD. In O geht nicht ein Strahl durch, sondern daselbst kreuzen sich eine unendche Menge von Lichtstrahlen. Läßt man nun den in das dunkle Zimmer eintrenden Lichtkegel, ehe man ihm eine senkrechte Wand entgegenstellt, durch ein Prisma eben, so nimmt der erleuchtete Fleck auf der entgegenstellten Ebene eine längliche Gestalt an, und zugleich erscheinen eine Reihe von Farbenbildern, von denen immer eines auf das andere folgt. So daß z. B. wenn (Fig. VII.) der bei F einfallende Lichtstrahl, ohne daß ein Prisma vorgestellt wird, den runden Fleck S auf der Wand W weiß beleuchtet, nachdem das Prisma P vorgestellt worden, den längli-

VI.

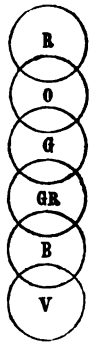


VII.

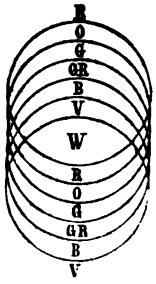


chen oben und unten zugerundeten Fleck VR, der alle Farben zeigt, auf der Wand W hervorbringt. Die Erscheinung ist leicht erklärlich, wenn man annimmt, daß das weiße (Sonnen-) Licht aus allen diesen farbigen Lichtern zusammengesetzt sei, welche, da sie von verschiedener Brechbarkeit sind, durch das Prisma aus einander gerückt werden. Man unterscheidet namentlich folgende sechs Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Alle diese Farben erscheinen, eine in die andere übergehend, an dem farbigen Bilde, in welches mittelst des Prismas der runde weiße Fleck verwandelt wird. Daß die farbigen Strahlen wirklich zusammen den weißen Strahl ausmachen, sieht man auf das Bestimmteste daraus, daß, wenn man die gebrochenen (farbigen) Strahlen sämmtlich auf eine Linse fallen läßt, das auf diese Weise gesammelte Licht wieder weiß ist. Denken wir uns die Sonne sendete nicht weißes, sondern rothes Licht, so würde durch die Brechung mittelst des Prismas weder die Gestalt, noch die Farbe, sondern nur die Stelle des rothen Bildes an der auffangenden Wand verändert werden; es falle dasselbe z. B. auf den Kreis um R (Fig. VIII.). Wäre die Sonne orange, so würde das Bild ebenfalls orange und rund sein, aber wegen der größern Brechbarkeit des orangen Lichtes etwas tiefer fallen, etwa auf den Kreis um O. So würde, je nachdem die Sonne gelb, grün, blau, violett wäre, auch das Bild derselben tiefer und tiefer fallen, auf die Kreise um G, GR, B, V. Da nun aber in der Wirklichkeit das Licht der Sonne weiß ist, so wird das Prisma die Wirkung hervorbringen, als wenn zugleich eine rothe, eine orange, eine gelbe, eine grüne, eine blaue und eine violette Sonne herein schien, und das Bild der Sonne wird die längliche Gestalt von RV haben, eine Farbe wird auf die andere folgen; und wo zwei oder (bei geringerer Brechung als in der Zeichnung mehrere) Farben auf einander fallen, werden Uebergangsfarben stattfinden. Werden die verschiedenfarbigen Bilder weniger weit von einander gerückt, so können wie in Fig. IX. alle Farben theilweise auf einander fallen, und wo dies in W der Fall ist, wird Weiß entstehen.

VIII.

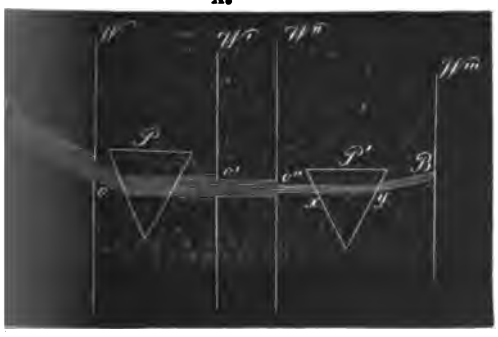


IX.



Wenn man das Licht durch farbige Gläser gehen läßt, oder durch farbige Flüssigkeiten, so wird durch diese nur eine bestimmte Farbe des Lichtes hindurch gelassen, und das einfarbige Bild der Sonne fällt nun in der That dahin, wohin es fallen muß, wenn die obige Erklärung richtig ist. Es wird die Brechbarkeit des Lichtes in farbige Strahlen noch durch eine Menge von Versuchen bestätigt, welche unter dem Art. Farbe (vergl. auch Licht) angeführt werden. Wir führen nur noch ein von Newton angewendetes Mittel an, zu untersuchen, ob der einfarbige Strahl des zerlegten Sonnenlichtes noch weiter durch das Prisma in Farben zerlegt werde. Zu dem Ende lasse man durch eine Oeffnung o (Fig. X.) in der Wand W einen Sonnenstrahl So in ein dunkles Zimmer fallen, der eingefallene Strahl werde durch ein Prisma P gebrochen, so stellt sich auf der gegenüberstehenden Wand W' das längliche Sonnenbild bei o' dar mit allen sechs Farben. Macht man nun in diese Wand W wieder ein kleines Loch o' so, daß auf dieses nur eine Farbe (z. B. roth) fällt, so dringt durch o' ein (rother) Strahl und wirft ein rundes einfarbiges (rothes) Bild bei o'' auf die Wand W''; in diesem Farbenbilde mache man nochmals ein

X.



kleines Loch o'' in die Wand W'', breche hinter W'' mit dem Prisma P' den (rothen) Strahl. Es wird sich auf der Wand W''' immer nur ein einfarbiges (rothes) Bild bei B zeigen, und wenn der Einfallswinkel des Strahles in P' gleich dem Austrittswinkel ist (oder Winkel x = y), so wird das Bild bei B rund wie die ffnung o'' sein. Dreht man langsam das Prisma P herum, so daß eine Farbe b der andern auf die Oeffnung o' kommt, so werden gleichzeitig anders und anä gefärbte Bilder auf W''' bei B fallen. Hier sieht man aber wieder, daß die schieden gefärbten Strahlen ungleich brechbar sind. Denn indem sie durch Prisma P' gebrochen werden, wird das Bild bei B herauf- und herunterrücken, nachdem die farbigen Strahlen mehr oder weniger brechbar sind.

Nach allen Versuchen folgen sich die farbigen Strahlen in ihrer verschiedenen chbarkeit auf einander, wie folgt: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett zwar ist das Roth am wenigsten brechbar.

Genauer ist die Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Farbenhlen bei verschiedenen Körpern von Fraunhofer*) bestimmt worden mit fe der von ihm entdeckten Lichtlinien (s. d. Art. Licht). Folgendes sind Resultate jener Messungen, die Brechungsverhältnisse der von Fraunhofer B, C, D, E, F, G, H bezeichneten Farbenstrahlen**):

ffer	Kali-lösung	Kronglas Nr. 13	Kronglas Nr. 9	Kronglas Litt. M	Flintglas Nr. 3	Flintglas Nr. 30	Flintglas Nr. 23	Flintglas Nr. 13
0963	1,399624	1,524301	1,525837	1,554775	1,602034	1,623572	1,626574	1,627766
1705	1,400519	1,525307	1,526853	1,555926	1,603818	1,625464	1,628451	1,629694
1376	1,402805	1,527986	1,529572	1,559087	1,608477	1,630603	1,633668	1,635033
5850	1,405632	1,531371	1,533012	1,563146	1,614540	1,637348	1,640533	1,641998
7796	1,408086	1,534350	1,536041	1,566746	1,620043	1,643472	1,646766	1,648269
9285	1,412574	1,539892	1,541676	1,573524	1,630781	1,655390	1,658842	1,660305
0169	1,416368	1,544687	1,546558	1,579475	1,640364	1,666082	1,669697	1,671033

Folgende nach Messungen von Rudberg hergestellte Tabelle***) enthält die hungsverhältnisse der verschiedenen Farben in vier sehr häufig angewendeten eltbrechenden Krystallen: dem positiven Bergkrystall und weißen Topas, dem itiven Kalkspath und Aragonit. Es bezieht sich die Reihe sub o auf den genlich, die sub e auf den ungewöhnlich gebrochenen Strahl; die mit $\frac{1}{\pi}$, $\frac{1}{\nu}$, $\frac{1}{\mu}$

*) Gilb. Ann. Bd. LVI. S. 264. Münchener Denkschriften für 1814.
**) Radike, Handbuch der Optik. Bd. I. S. 128.
***) Radike, Handbuch der Optik. Bd. I. S. 122.

bezeichneten Reihen sind die Brechungsverhältnisse der Strahlen, welche in der Richtung der Elasticitätsaxen den Krystall durchlaufen (vergl. d. Art. Brechung, einfache und doppelte, sowie den Art. Licht):

Farbestrahlen	Bergkrystall (positiv einaxig)		Topas (positiv zweiaxig)		
	o	e	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\nu}$	$\frac{1}{\mu}$
B	1,54090	1,54990	1,60840	1,61049	1,61791
C	1,54181	1,55085	1,60935	1,61144	1,61880
D	1,54418	1,55328	1,61161	1,61375	1,62109
E	1,54711	1,55631	1,61452	1,61668	1,62408
F	1,54965	1,55894	1,61701	1,61914	1,62652
G	1,55425	1,56365	1,62154	1,62365	1,63123
H	1,55817	1,56772	1,62539	1,62745	1,63506

Farbestrahlen	Kalkspath (negativ einaxig)		Aragonit (negativ zweiaxig)		
	o	e	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\nu}$	$\frac{1}{\mu}$
B	1,65308	1,48391	1,52749	1,67631	1,68061
C	1,65452	1,48455	1,52820	1,67779	1,68203
D	1,65850	1,48635	1,53013	1,68157	1,68589
E	1,66360	1,48868	1,53264	1,68634	1,69084
F	1,66802	1,49075	1,53479	1,69053	1,69515
G	1,67617	1,49453	1,53882	1,69836	1,70318
H	1,68330	1,49780	1,54226	1,70509	1,71011

Folgende Tabelle*) enthält die Zerstreuungsverhältnisse für die verschiedenen Substanzen; es bedeutet dn den Unterschied der zu den äußersten Farbestrahlen gehörenden Brechungsverhältnisse, und n das Brechungsverhältniß der mittleren Strahlen. Die Angaben rühren von Brewster, außer wo ausdrücklich die Namen: Brl. Barlow, Bsc. Boscowich, F. Faraday, H. Haan, L. Rudberg beigefügt sind:

*) Radike, Handbuch der Optik. Bd. II. S. 450.

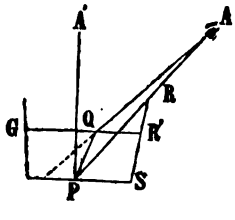
Substanzen	dn	$\frac{dn}{n-1}$	Substanzen	dn	$\frac{dn}{n-1}$
Alkohol	0,011	0,029	Fenchelöl	0,028	0,055
Apfelsäure	0,011	0,0282	Fenugreöl	0,024	0,050
Aether	0,012	0,037	Flohkrautöl	0,024	0,049
Alaun	0,017	0,036	Flußspath	0,010	0,022
Aloë	0,058	0,085	Frauenmünzöl . . .	0,026	0,054
Ambra	0,041	0,023	Gewürznelkenöl . .	0,033	0,062
Ambraöl	0,012	0,032	Glas, gem. . . Bsc.		0,036
Angelicaöl	0,025	0,051	zu Bouteillen .	0,023	0,040
Anisöl	0,044	0,074	braunes . . .	0,025	0,044
Apophyllit . . . H.	0,017	0,031	dunkelrothes .	0,044	0,060
Auge vom Kabeljau:			purpurrothes .	0,031	0,051
Wasserfeuchtigkeit .	0,012	0,035	oranges . . .	0,042	0,053
Glasfeuchtigkeit . .	0,012	0,035	grünes . . .	0,037	0,061
Axinit	0,022	0,030	(Flint-) borsaur.		
Balsam: Canada . .	0,024	0,045	Bleioxyd F.		0,0740
Copaiva .	0,021	0,041	" kieselh.borf.		
Peruvianischer	0,038	0,093	Bleioxyd F.		0,0703
Styrax . .	0,039	0,069	" " Bsc.	0,032	0,0527
Tolu . .	0,065	0,103	" " .	0,029	0,052
Baryt, schwefelsaurer .	0,019	0,029	verschied. Sort. Bsc.		0,0457
kohlensaurer .	0,015	0,0285			0,0525
Bergamotöl . . .	0,023	0,049	(Crown) grün .	0,020	0,036
Bernstein	0,023	0,041	" verschiedene		
Beryll	0,022	0,037	Sorten Bsc.		0,033
Bergkrystall, ord. R.	0,01727	0,00315			0,0346
extr. R.	0,01782	0,00321	Granat	0,033	0,027
Bibergeil	0,018	0,036	Guajak	0,041	0,066
Bittermandelöl . . .	0,018	0,079	Gummi-Ammoniak .	0,037	0,063
Blausäure	0,080	0,0227	Gummi, arabisches .	0,018	0,036
Blei, chromsaur. Max.	0,770	0,400	Harz, gemein. . . .	0,032	0,057
" Min.	0,388	0,262	Horn	0,025	0,045
essigsaur. . .	0,040	0,069	Kalkspath, ord. . R.	0,0455	0,03022
kohlensaur. Max.	0,091	0,091	" extr. . R.	0,0282	0,01389
" Min.	0,056	0,066	Kümmelöl	0,033	0,065
schwefelsaur. . .	0,056	0,066	Kupfer, schwefels. . .	0,019	0,036
Borax, geschmolzen .	0,014	0,030	Lavendelöl	0,021	0,045
Boraxglas . . .	0,014	0,026	Leim	0,022	0,041
Bajeputöl	0,021	0,044	Leucit	0,018	0,035
Cassiaöl	0,089	0,039	Limeniöl	0,023	0,048
Cautschouk	0,028	0,052	Majoranöl	0,022	0,045
Camillenöl . . .	0,021	0,046	Mastix	0,022	0,038
Chrysoberyll . . .	0,019	0'025	Mohnöl	0,020	0,044
Chrysolith	0,022	0,033	Myrrhengummi . .	0,020	0,037
Citronensäure . . .	0,019	0,035	Nußöl	0,022	0,043
Opal	0,024	0,043	Obsidian	0,018	0,037
Cyanolith	0,007	0,022	Olibanumgummi . .	0,024	0,045
Diamant	0,056	0,038	Olivenöl	0,018	0,038
Dillsamenöl . . .	0,023	0,049	Pappelöl	0,020	0,044
Eisen, schwefels. . .	0,019	0,039	Pech, Burgunder . .	0,024	0,043
Eiweiß vom Ei . .	0,013	0,037	Pfeffermünzöl . . .	0,019	0,040
Elemiharz	0,021	0,039	Phosphor	0,156	0,128
Eisdot	0,024	0,035	Phosphorglas . . .	0,017	0,03157
Fenchelkümmelöl . . .	0,024	0,049	Phosphorsäure, feste .	0,017	0,032
Feldspath	0,022	0,042	" flüssige	0,012	0,0283

Substanzen	dn	dn / n—1	Substanzen	dn	dn / n—1
Pimentöl	0,026	0,052	Spinell	0,034	0,040
Pyrop	0,026	0,033	Spermacetöl . . .	0,021	0,053
Rapsöl	0,019	0,040	Spießglanz, salzsaur. .	0,026	0,041
Rautenöl	0,016	0,037	Steinsalz	0,029	0,059
Realgar, geschmolzen .	0,394	0,267	Stilbit	0,041	0,023
„ „ .	0,255	0,374	Strontian, kohlens. Max.	0,032	0,046
Rhodiumholzöl . .	0,022	0,044	„ Min.	0,015	0,027
Rosmarinöl . . .	0,020	0,042	schwefels. .	0,015	0,024
Rubellit	0,035	0,027	Tabacköl	0,035	0,064
Sadebaumöl . . .	0,021	0,044	Terpentin	0,029	0,048
Salpeter, Min. . .	0,009	0,03040	Terpentinöl . . .	0,020	0,042
Salpetrige Säure . .	0,018	0,044	Theeröl	0,032	0,062
Salpetersäure . . .	0,019	0,045	Topas, bläulich . .	0,016	0,023
Salzsäure	0,016	0,043	blau . . .	0,025	0,024
Sandarak	0,021	0,046	Turmalin	0,019	0,028
Sapphir, blau . . .	0,021	0,026	Thymianöl	0,024	0,050
Sassafrasöl	0,032	0,060	Wachholdergummi . .	0,025	0,046
Schildplatt	0,027	0,045	Wachholderöl . . .	0,022	0,047
Schwefel, zerschmolzen	0,149	0,130	Wasser	0,012	0,033
Schwefelbalsam . .	0,023	0,045	Weihrauch	0,028	0,048
Schwefelkohlenstoff bei			Weinöl	0,012	0,032
—0°,56 C. Brl.	0,03067		Wurmholzöl . . .	0,022	0,049
bei +28°,89 C. Brl.	0,03684		Weinsteinsäure . . .	0,016	0,030
Schwefelkupfer . . H.	0,019	0,036	Ysopöl	0,022	0,044
Schwefelsäure . . .	0,014	0,031	Zirkon	0,045	0,044
Selenit	0,020	0,037	Zucker	0,020	0,036
Smaragd	0,015	0,026			

Die Naturerscheinungen, welche in der Brechbarkeit des weißen Lichtes in farbige Strahlen ihre Erklärung finden (z. B. Regenbogen u. a.) siehe an ihren Orten.

Brecher im Meere, s. Meer.

Brechung des Lichtes, einfache Refraction, (lat. refractio; franz. und engl. refraction) ist die Erscheinung, daß das Licht, indem es von einem durchsichtigen Körper in einen andern übergeht, nicht in derselben geraden Linie fortgeht, sondern in irgend einer andern geraden Linie, die mit der, welche den Weg im ersten Körper bezeichnet, einen bestimmten Winkel macht.

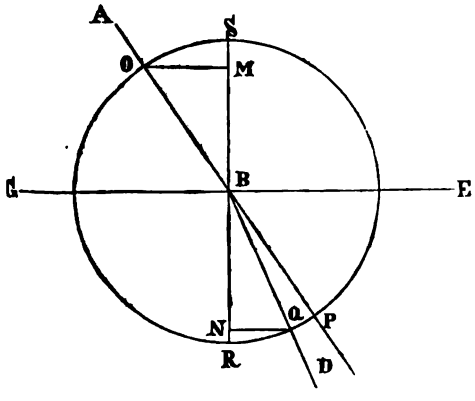


Folgender leicht anzustellender Versuch macht die ganze Erscheinung leicht begreiflich. GS sei ein Gefäß, P ein bezeichneter Punkt auf dem Boden des Gefäßes, R der Rand des Gefäßes. Dieses sei leer und das Auge des Beobachters sei bei A so angebracht, daß es gerade über R hinweg P sieht; dann ist AP eine gerade Linie, und für das Auge bei A scheint P unmittelbar bei R zu liegen, AP ist die Richtung des von P kommenden Lichtes in der Luft. Gießt man nun aber das Gefäß GS voll Wassers bis GR', so erscheint der Punkt P dem Auge bei A nicht mehr unmittelbar bei R, sondern etwas weiter vom Rande ab bei Q. Das Auge

sieht also jetzt den Punkt P in der Richtung AQ; da aber weder das Auge bei A, noch der Punkt P verrückt worden ist, so muß der Grund zu der ganzen Erscheinung in dem Umstande liegen, daß an die Stelle der Luft, durch welche vorher P gesehen wurde, zum Theil Wasser getreten ist. Im Wasser muß sich folglich das von P ausgehende Licht in der Richtung PQ fortpflanzen, und dann in der Luft in der Richtung QA. Daß dieses wirklich sich so verhalte, kann man durch folgenden Versuch noch deutlicher machen. Bringt man einen undurchsichtigen Körper in irgend einen Punkt der Richtung AQ, so verschwindet dem Auge der Anblick von P, und eben dieses geschieht, wenn man den undurchsichtigen Körper in einen Punkt der Richtung QP bringt, woraus denn klar folgt, daß PQ und QA die verschiedenen Richtungen angiebt, in welcher das Licht durch Wasser und Luft sich fortsetzt; diese beiden PQ und QA machen aber den Winkel PQA mit einander, und man sagt daher, das Licht werde bei seinem Uebergange von Wasser und Luft gebrochen.

Statt der Luft und des Wassers hätten irgend zwei andere durchsichtige Körper genommen werden können, dann wäre der Winkel PQA bei jedem andern Körper ein anderer geworden, aber nur in sehr wenigen Fällen wäre dieser Winkel = 180° geworden oder, was dasselbe ist, PQ und QA hätten eine gerade Linie mit einander ausgemacht. Nur in einem Falle wird nie ein Brechungswinkel beim Uebergange aus einem Mittel in das andere zu bemerken sein; dann nämlich, wenn das Auge senkrecht über P steht, also in A'; dann sieht das Auge stets den Punkt P in der geraden Linie A'P.

Da bei verschiedenen Körpern der durchgehende Strahl verschieden gebrochen wird, so spricht man von einem Brechungsverhältniß zweier Körper. Gesetzt es



begrenzen sich zwei verschiedenartige Körper in GE und der Strahl gehe durch den einen (den oberen) in der Richtung AB, und mache mit der Senkrechten SB den Winkel ABS. Die Senkrechte SB heißt das Einfallsloth. In dem durchsichtigen Körper unterhalb GE gehe der Strahl in der Richtung BD fort; dann ist W. RBD größer oder kleiner als W. ABS. Ist W. RBD > W. ABS, so sagt man: der Strahl werde von dem Einfallsloth abgebrochen; ist aber W. RBD < W. ABS, so sagt man: der Strahl werde auf das Einfallsloth zu gebrochen. Verlängert man BD, so daß W. RBP = W. ABS wird, so nennt man W. RBD den Brechungswinkel und W. DBP (welcher der Unterschied der Winkel ABS und RBD ist) den gebrochenen Winkel. ABS heißt der Einfallswinkel, und die Ebene, in welcher derselbe liegt, die Einfallsebene.

Bei der Brechung findet nun das Gesetz statt: daß der gebrochene Strahl (BD) stets in der Einfallsebene liegt. Nimmt man ferner

eine beliebige Linie BO in den Zirkel, und schlägt mit derselben als Halbmesser eine Kreislinie um B als Mittelpunkt, fällt darauf eine Senkrechte OM von O auf BS und eine andere QN von Q auf BR, so findet zwischen OM und QN ein gewisses Verhältniß statt. Welches nun auch die Neigung der Linie AB gegen BS sein mag, immer wird man zwei Linien, wie OM und QN, zeichnen können, und es ist ein zweites Gesetz der Brechung, daß, so lange die brechenden Körper dieselben bleiben, das Verhältniß dieser Linien für jede Neigung der Linie AB gegen BS = OM : QN ist. Da aber in der Mathematik OM der Sinus des W. ABS, QN der Sinus des W. RBD heißt, und ebenso die OM und QN entsprechenden Linien für andere Winkel die Sinus dieser Winkel heißen; so spricht man dies Gesetz auch, wie folgt, aus: Für dasselbe brechende Mittel ist das Verhältniß zwischen den Sinussen des Einfallswinkels und des Brechungswinkels beständig (constant) und unabhängig von der Neigung des einfallenden Strahles gegen das Einfallsloth. Nennen wir jeden Winkel, welcher W. ABS entspricht, oder den Einfallswinkel, a, und jeden Winkel, welcher W. RBD entspricht, oder den Brechungswinkel, b, so können wir eine Proportion ansetzen: (sin. bezeichnet: Sinus des Winkels)

$$\sin. a : \sin. b = n : 1.$$

Hier ist n eine Größe, welche aus den übrigen Gliedern der Proportion bestimmt werden kann; sie ist bekanntlich

$$n = \frac{\sin. a}{\sin. b}$$

und diese Größe heißt man mit mathematischem Ausdrucke den Exponenten des Brechungsverhältnisses, oder kurzweg den Brechungsexponenten. — Endlich läßt sich im Allgemeinen noch folgendes bei der Brechung stattfindendes Gesetz aufstellen. Beim Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres wird der Strahl auf das Einfallsloth zu gebrochen, und umgekehrt: beim Uebergange aus einem dichteren Mittel in ein dünneres wird der Strahl von dem Einfallslothe ab gebrochen. Es kann der Fall sein, daß die Brechung von dem Einfallslothe ab so stark ist, daß der Brechungswinkel größer als ein Recht ist; dann geht der Strahl in das frühere Mittel zurück, und man sagt dann: das Licht erleide eine totale Reflexion.

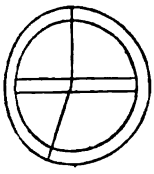
Brennbare Körper haben der Regel nach ein stärkeres Brechungsvermögen als nicht brennbare. Hiernach vermuthete schon Newton, daß der Diamant, der ein sehr großes Brechungsvermögen hat, ein brennbarer Körper sein müsse, welches sich später bestätigt hat.

Schon in alten Zeiten (Ptolemäus 70 n. Chr. G. geb. *) hat man die Erscheinung der Brechung beobachtet, aber erst durch Descartes (oder, wie er lat. genannt wird, Carteſius **) geb. 1596, gest. 1650) sind die Gesetze der Brechung bekannt geworden, dieser soll aber durch die ungedruckten Schriften des jung verstorbenen Willebrord Snellius auf diese Gesetze geführt worden sein. Man faßt dieselben unter dem Namen „Carteſisches Gesetz" gewöhnlich zusammen.

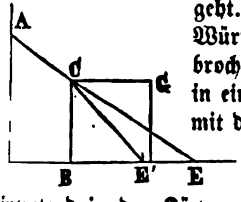
*) Vergl. Gilb. Ann. Bd. XL. S. 374 ff.
**) Cartesii Dioptrice cap. II.

Die älteste Weise, die Größe der Brechung bei Flüssigkeiten, namentlich bei Wasser, zu beobachten, ist folgende. Ein in Grade eingetheilter Kreis (Fig. I.) ist so eingerichtet, daß in seinem Mittelpunkte 2 Lineale beweglich sind. Darauf wird er zur Hälfte in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht. Dem einen Lineale wird unter dem Wasser eine bestimmte Stellung gegeben, darauf das andere Lineal außerhalb der Flüssigkeit in die Richtung gestellt, in welcher dem Auge der Endpunkt des Lineals in der Flüssigkeit erscheint. — Eine Art die Brechung bei festen Körpern zu beobachten ist folgende. Man läßt in ein dunkeles Zimmer durch eine kleine Oeffnung einen Lichtstrahl fallen. Nun stellt man eine undurchsichtige Wand enkrecht so auf, daß der Strahl gerade über ihren obern Rand hingeht. A (F. II.) telle die Oeffnung vor, durch welche der Strahl dringt, BC die undurchsichtige Wand, AE den Strahl, wie er durch die Luft geradlinig fortgeht. Stellt man nun vor die Wand BC einen gläsernen Würfel BG, so wird durch diesen der Strahl von C aus gebrochen, er geht nicht mehr in der Richtung CE, sondern nun in einer andern CE′ fort. Die Winkel, welche CE und CE′ mit dem Einfallslothe BC machen, können gemessen werden. — Wenn man durch einen durchsichtigen Körper einen Strahl so hindurch gehen läßt, daß er aus der Luft intretend in den Körper, aus diesen wieder in die Luft hinausgeht, so wird der Strahl zweimal gebrochen. Hat der durchsichtige Körper parallele Seitenflächen, o fällt der austretende Strahl zwar nicht in die Verlängerung der geraden Linie, n welcher er nach dem durchsichtigen Körper kam, aber in einer dieser ersten paralelen Richtung. Dies läßt sich zeigen (Fig. III.). ZZZZ sei ein durchsichtiger Körper (als Durchschnitt in der Einfallsebene dargestellt), von S komme der Strahl SA, dieser werde gebrochen in die Richtung AB, so ist der Brechungsexponent n für den Körper nach dem Obigen $= \frac{LM}{ED}$; da der Strahl beim Austritt bei B wieder in die Luft geht, so muß KN = LM sein*), BN = AL, W. BKN = LMA = R, folglich Dr. KBN = Dr. MAL, folglich W. KBN = LAM, MA parallel BK, folglich auch BN parallel SA. Wie viel durchsichtige Körper mit parallelen Seitenflächen

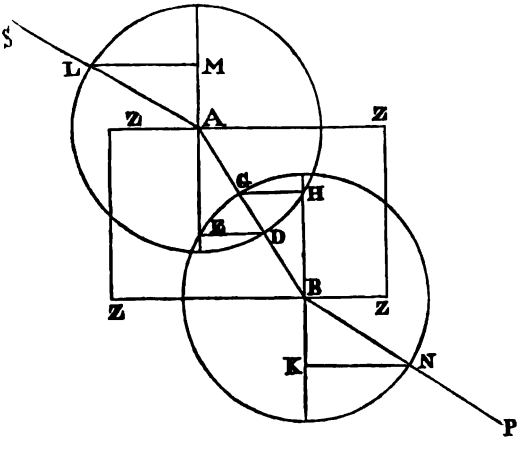
I.



II.



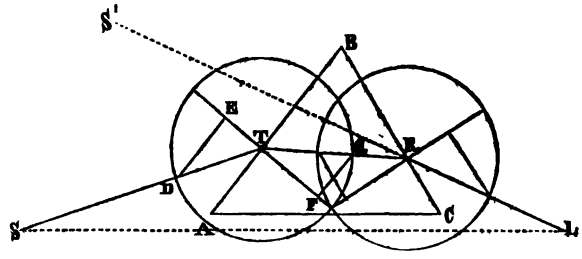
III.



*) Wenn nämlich die Construction der Linien LM, ED, GH, KN, so gemacht wird, ie oben S. 873, und die Halbmesser BN und AL gleich sind.

man auch neben einander legen mag, immer wird beim Heraustreten in die Luft der Strahl in einer Richtung fortgehen, die parallel ist derjenigen, welche er hatte, ehe er in den ersten Körper eintrat. Anders verhält es sich bei durchsichtigen Körpern mit nicht parallelen Seitenflächen. Fig. I. stellt in ABC den Durchschnitt eines dreiseitigen Prismas in der Einfallsebene dar. Es ist angenommen, daß das

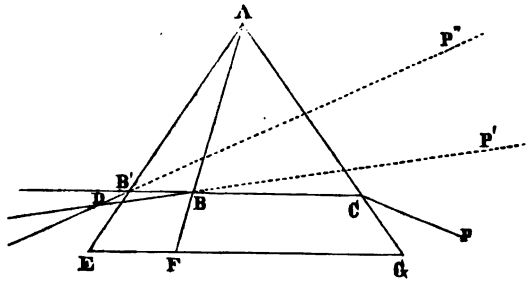
I.



Prisma von Glas sei, dessen Brechungsexponent in Bezug auf Luft etwa $^2/_3$ ist, so daß sich verhält DE : FG = 3 : 2. Aus der Zeichnung sieht man leicht, wie hier RL, die Linie in welcher der Strahl aus dem Prisma heraustritt, nie parallel ST sein kann. Daher bedient man sich zu genauerer Untersuchung über die Brechung solcher dreiseitiger Prismen. Es muß hier erinnert werden, daß, da jeder Strahl weißen Lichts (s. d. Art. Brechbarkeit und Licht) aus verschieden brechbaren Farbenstrahlen besteht, hier immer nur von den Farbenstrahlen mittlerer Brechbarkeit die Rede ist, und daß sich auf diese auch die Zahlenangaben (s. die folgende Tabelle) beziehen.

Die Größe der Brechung zeigt sich abhängig von der Größe des brechenden Winkels des Prismas. Denn wenn in Fig. II. dem Strahle BC das Prisma FGA

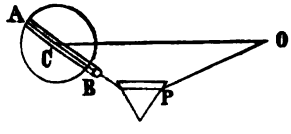
II.



dessen brechender Winkel also FAG, entgegengesetzt wird, so wird der Strahl gebrochen nach CBD, und wenn dem Strahle PC das Prisma EAG mit dem brechenden Winkel EAG entgegengesetzt wird, so wird der Strahl gebrochen in der Richtung PCB'D; im ersten Falle sieht ein Auge in D den Punkt P in der Richtung DP', im letztern aber in der Richtung DP''. Je größer also der brechende Winkel des Prismas ist, desto mehr erscheint der betrachtete Gegenstand aus seiner Lage verrückt. Daraus erklärt sich folgende Erscheinung. Sieht man durch ein horizontal gehaltnes Prisma (den brechenden Winkel nach unten) nach einem horizontalen Streifen (etwa Fensterrahmen), so erscheint derselbe nicht nur aus seiner Stelle bedeutend nach oben verrückt, sondern auch aufwärts gekrümmt. Die Strahlen nämlich, welche von Streifen seitwärts zum Auge gelangen, gehen schief durch das Prisma, und werden folglich stärker gebrochen, als die mittleren Strahlen, da ein schiefer Schnitt durch Prisma einen größeren brechenden Winkel giebt, als ein senkrecht gegen die Ka des Prisma geführter Schnitt.

Noch ein wichtiger Umstand ist zu bemerken. Wenn man nämlich durch ein Prisma nach einem Punkte hinsieht und dreht dabei das Prisma langsam um seine Axe, so findet man eine Stellung des Prismas, in der die Brechung am geringsten ist, d. h. wo der betrachtete Punkt am wenigsten aus seiner wirklichen Stellung herausgeschoben erscheint. Dies ist dann der Fall, wenn der von dem betrachteten Punkte durch das Prisma nach dem Auge gehende Strahl so gebrochen wird, daß er bei seinem Eintritt und Austritt gleiche Winkel mit dem Prisma macht. Sobald man das Prisma aus der Stellung, in welcher die geringste Brechung erfolgt, vor- oder rückwärts herausdreht, wird die Brechung stärker. Man kann diese Erscheinung sehr leicht in folgender Art beobachten. Man mache auf ein weißes Papier einen schwarzen Punkt und halte nun das Prisma so, daß man durch dasselbe den Punkt sieht, und zwar wegen der Brechung verrückt von seiner wahren Stelle, nahe an der Kante des Prismas, und zugleich über dem Prisma den Punkt auf dem Papiere selbst, also überhaupt zwei Punkte erblickt. Wendet man nun das Prisma langsam um seine Axe, so daß der brechende Winkel von unten nach oben rückt, so rücken sich die beiden Punkte immer näher, indem der im Prisma gesehene sich bewegt; endlich scheint der Punkt im Prisma still zu stehen, bald aber bewegt er sich wieder und entfernt sich nun wieder immer mehr von dem Punkte auf dem Papiere.

Der Punkt S, (Fig. I. S. 876) welcher dem Auge in L, wenn kein brechender Körper zwischen S und L befindlich wäre, in der Richtung LS erscheinen würde, erscheint dem Auge durch das Prisma in der Richtung LS'. Um nun das Brechungsverhältniß einer festen Substanz zu bestimmen, hat man nur nöthig daraus ein Prisma zu schneiden, ja es wird hinlänglich sein, zwei Flächen, die unter einem bekannten Winkel gegen einander geneigt sind, anzuschleifen. Man stellt sodann den Körper so in einen Lichtstrahl, daß derselbe auf einer jener Seitenflächen des Körpers unter einem bekannten Einfallswinkel einfällt und auf der andern ausfällt, und mißt nun den RLS (Fig. I. S. 876) entsprechenden Winkel. Diese Messung, aus welcher sich der Brechungsexponent berechnen läßt, kann auf mehrfache Art angestellt werden. Fraunhofer ließ vor einer sehr entfernt stehenden Lampe durch eine kleine Oeffnung O einen Lichtstrahl OP auf ein Prisma PB fallen.

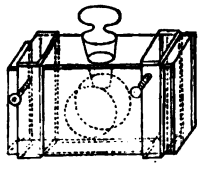


Dieses Prisma stand dicht vor einem Fernrohre AB, und dieses wurde (um C drehbar) so gerichtet, daß der gebrochene Strahl hindurch ging und bei A ins Auge des Beobachters fiel. Um den Mittelpunkt C war ein in Grade ꝛc. eingetheilter Kreis angebracht; auf diesem konnte man den Winkel OCB ablesen, den der directe Strahl OC und der gebrochene BA mit einander machten.

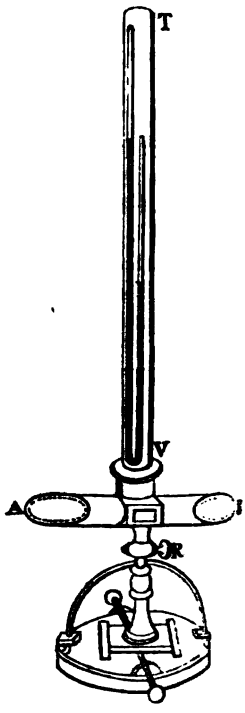
Um die Brechung, welche bei einer Flüssigkeit stattfindet, auf ganz ähnliche Art zu untersuchen, braucht man nur ein hohles Prisma aus Glastafeln, deren Seitenflächen aber genau parallel mit einander sein müssen, zu fertigen, die zu untersuchende Flüssigkeit hineinzugießen und die Beobachtung nun wie bei festen Körpern anzustellen. Wenn die Glastafeln parallele Seitenflächen haben, so wird durch sie, wie S. 875. gezeigt worden, der Strahl nicht in einem Winkel gebrochen, und es [illegible] ist daher ohne Einfluß auf die Winkelbeobachtung. Hierbei bietet sich doch die Schwierigkeit dar, wie die Glastafeln, welche das Prisma bilden sollen,

unter einander befeſtigt werden ſollen; bei bloßem Aneinanderſchrauben würden ſie nicht feſt genug zuſammenhalten, um das Durchdringen der Flüſſigkeit zu hindern, wollte man ſie aber durch Kitt an einander befeſtigen, ſo könnte ſich leicht ein wenig von dieſem Kitt auflöſen, und dadurch das Brechungsvermögen der Flüſſigkeit geändert werden. Biot*) hat ſich daher folgender ſinnreichen Vorrichtung bedient. Er nahm eine dicke Glastafel, wobei auf die Beſchaffenheit (Reinheit, Durchſichtigkeit ꝛc.) wenig ankam, bohrte ein Loch hindurch, und ſchnitt dann die Glasplatte prismatiſch zu, ſo daß das Loch von einer Seitenwand des Prismas nach der anderen ging. Die durchbohrten Seitenwände wurden ſorgfältig polirt; legte man dann über die beiden Mündungen des Loches ebene Spiegelplatten, ſo blieben dieſe bei Anwendung eines leichten Druckes von ſelbſt haften, gemäß den Geſetzen der Haarröhrchenanziehung. Um mit Leichtigkeit die Flüſſigkeiten in die zu ihrer Aufnahme beſtimmte Höhlung bringen zu können, ohne die Spiegelplatten jedesmal abnehmen zu dürfen, bringt man in die Dicke des Prismas einen nach der Höhlung führenden Kanal an, der durch einen mit Schmirgel eingeriebenen Glasſtöpſel geſchloſſen werden kann. Damit die Spiegelplatten bei der Bewegung des Prismas nicht abgleiten, hält man ſie durch kupferne Schienen feſt, welche durch Schrauben gegen ihre Oberfläche leicht angedrückt werden. Beſonders muß auch hier darauf geſehen werden, daß die Spiegelplatten parallele Flächen haben, damit das Glas ohne Einfluß auf die Brechung ſei. Fig. I. ſtellt ein ſolches Prisma dar, die Seitenflächen laufen nach unten zuſammen, der brechende Winkel des Prismas iſt aber abgeſchnitten. Durch die mittelſt der Spiegelplatten geſchloſſene Höhlung wird der zu brechende Lichtſtrahl geleitet.

I.



II.



Das Brechungsvermögen der Gasarten wird auf die nämliche Art beobachtet, wie das der tropfbaren Flüſſigkeiten, indem dieſelben nämlich in hohle Prismen von parallelflächigen Spiegelplatten eingeſchloſſen werden. Da die Gaſe bei weitem weniger dicht ſind als die feſten und tropfbarflüſſigen Körper, ſo iſt ihr Brechungsvermögen bei gleicher Größe des Winkels des brechenden Prismas weit geringer als bei jenen. Man muß ſich daher eines Prismas bei ihnen bedienen, deſſen brechender Winkel ſehr groß iſt. Biot und Arago bedienten ſich eines Prismas, deſſen Winkel 145° 7′ 28″ betrug. Biot beſchreibt daſſelbe wie folgt: Es beſteht aus einer dicken cylindriſchen Glasröhre, Fig. II. deren beide Enden A, B prismatiſch zugeſchnitten**), und durch parallelflächige

*) Traité T. III. p. 220 ff.

**) D. h. ſo, daß wenn man die Flächen verlängert denkt, dieſelben einander unter einem beſtimmten Winkel ſchneiden. Wie erwähnt, waren bei dem von Biot gebrauchten

Spiegelplatten verschlossen sind, die man sorgsam damit verkittet hat. Die Röhre ist unten durchbohrt, und mit einem Hahn R versehen, der an eine Luftpumpe oder auf Recipienten angefügt werden kann, wodurch man in den Stand gesetzt wird, das Prisma luftleer zu machen und die zu beobachtenden Gasarten hineinzubringen. Da sich die Brechung für eine und dieselbe Substanz bei veränderter Dichtigkeit derselben nicht gleich bleibt, diese aber bei den Gasarten in sehr beträchtlichem Verhältniß sich ändert, je nachdem Druck und Temperatur verschieden werden; so muß, um alle Versuche auf vergleichbare Bestimmungen zurückzuführen, auf Druck und Temperatur Rücksicht genommen werden *).

Um den Druck zu messen, fügt man an das Prisma eine verticale Röhre TV, welche mit seinem Innern Gemeinschaft hat, und ein Heberbarometer in sich schließt, dessen offener Schenkel hinreichend lang ist, daß das Queckſilber darin bei bewirkter Luftleere im Prisma mit dem Queckſilber im andern Schenkel ins Niveau kommen kann. Die Höhe, in welcher das Queckſilber dieses Barometers durch das inwendige Gas erhalten wird, mißt den Druck. Um zur Kenntniß der Temperatur zu gelangen, könnte man auch in das Prisma ein kleines Thermometer einsenken, allein es würde erforderlich sein, dasselbe in der Mitte seines Innenraumes anzubringen, was ein Hinderniß für das Sehen abgeben würde. Zweckmäßiger ist es aber, zwei sehr empfindliche Thermometer auswendig am Prisma und ganz nahe an seinen Flächen oder selbst in Berührung damit aufzuhängen. Die Temperatur dieser Flächen, wie sie vom Thermometer angegeben wird, läßt sich ohne merklichen Irrthum für die der Gasart, welche die Flächen inwendig, sowie der Luft, welche sie auswendig berührt, annehmen, da man weiß, mit welcher außerordentlichen Leichtigkeit die Gasarten sich mit der Temperatur der umgebenden Körper gleich setzen. Ueberdies wendet man alle mögliche Vorsicht an, daß die Temperatur am Orte des Versuches wenig Abänderungen erleide, und daß insbesondere diese nur langsam erfolgen können.

Dies Prisma ist auf einem auf seiner Länge senkrechten Fuße angebracht, der es in einer horizontalen Lage hält. Der Ort der Beobachtung und der Gegenstand, welcher als Signal dient, müssen so gewählt sein, daß beide in der nämlichen Horizontalebene liegen, welche durch die Mitte des Prismas geht. Man beobachtet die Ablenkung mittelst eines Vervielfältigungskreises, dessen Rand man sich in die nämliche Ebene stellt, erst annäherungsweise, dann genau; durch Erfüllung der Bedingung daß, wenn das obere Fernrohr seines Randes erst nach dem direct gesehenen Gegenstande, dann nach dem gebrochenen Bilde gerichtet wird, sich sich immer auf dem nämlichen, im Innern des Rohrs horizontal ausgespannten Faden befinden. Um sich von dieser Horizontalität der Fäden überzeugen zu können, ist es gut, wenn das Signal an einer der Flächen eines großen Gebäudes befindlich ist, welches vermöge seiner Bauart lange Horizontallinien darbietet, nach

nstrumente die Flächen so gegen einander geneigt, daß der Winkel, den sie verlängert mit nander gemacht hätten, 148° 7′ 28″ betrug.

*) Barlow vermuthet nach von ihm angestellten Versuchen, daß sich das Brechungsrmögen (desselben Körpers) zugleich mit der Dichte ändere. Er hat nämlich gefunden, daß s Brechungsverhältniß des Schwefelkohlenstoffes zwischen 0° und 100° C in der Voraussetzung einer gleichförmigen Veränderung um $^1/_{10}$ abnimmt, welches Verhältniß nahe der gehörigen Ausdehnung des Schwefelkohlenstoffes entspricht.

welchen man sich richten kann. Dann wird man keinen bessern Visirpunkt wählen können, als einen verticalen Blitzableiter, der sich als eine schwarze Linie an das Himmelsgewölbe darstellt.

Hier, wie bei den festen und tropfbar flüssigen Körpern, stellt man die Beobachtung immer so an, daß man das obere Fernrohr des Kreises abwechselnd auf den directen Gegenstand und das gebrochene Bild richtet, um den Ablenkungswinkel zu messen. Zunächst wird man die Brechung der atmosphärischen Luft zu untersuchen haben. Zu diesem Zweck entfernt man die Luft aus dem Prisma mittelst der Luftpumpe. Hierdurch erhält man zwar keine vollkommene Leere; wenn jedoch die Dichtigkeit der inwendigen Luft ausnehmend vermindert ist, so daß sie die Barometersäule nur noch bis zu einer Höhe von einigen Millimetern zu tragen vermag, so beobachtet man diese Höhe, und zieht sie mit in Rechnung. Man hat also auf diese Weise ein luftleeres oder beinahe luftleeres Prisma eingetaucht in die atmosphärische Luft; die Lichtstrahlen müssen also, wenn sie in dasselbe eindringen, eine Ablenkung erfahren, bedingt durch den Ueberschuß der brechenden Kraft der äußern Luft; und dem ist in der That so. Wenn das obere Fernrohr des Kreises erst unmittelbar auf das Signal durch die Luft hindurch gerichtet wird, und man dann das Prisma dazwischen bringt, so zeigt sich das Bild bedeutend verrückt. Stellt man das Fernrohr wieder auf den Visirpunkt, indem man den Rand in Bewegung setzt, und kehrt das Prisma Punkt für Punkt um, so wird die Ablenkung, sowie die Verrückung des Signals verdoppelt. Bei unsern (Biot und Arago's) Versuchen z. B. befand sich das Prisma in einem der Zimmer des Schlosses Luxemburg, dem Observatorium gegenüber, dessen Blitzableiter uns zum Visiren dienten. Das Umkehren des Prismas versetzte den Faden des Fernrohrs von einem Ende des Gebäudes zum andern, oder richtiger gesprochen, während das Fernrohr unverrückt blieb, schien sich das Gebäude um die ganze Weite von der rechten nach der linken Seite des Fadens zu verrücken. Um die Brechung der Luft von verschiedenen Dichtigkeiten zu beobachten, verfährt man auf die nämliche Art, nur muß man die Luft bloß bis zu der Grenze entleeren, für welche die Beobachtung angestellt werden soll und welche vom inwendigen Barometer angegeben wird.

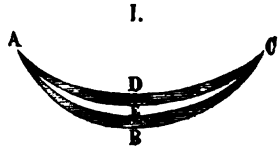
Will man Untersuchungen über andere Gasarten als die atmosphärische Luft anstellen, so muß man erst das Prisma von dieser so weit als möglich entleeren, die Dichtigkeit des noch übrig gebliebenen Rückstandes derselben beobachten, und dann die Gasart hineinbringen. Dies bewerkstelligt man über einer pneumatischen Wanne mit Wasser, oder mit Quecksilber, wenn das Gas sich im Wasser auflösen vermag. Das Prisma und die Glocke, welche das Gas enthält, müssen, wie bei der Wägung der Gasarten, mit einander durch einen doppelten Hahn in Verbindung stehen, um zu verhüten, daß keine Wasserblasen in den Hals des Instruments mit hineingerissen werden können.

Um im Prisma eine trockne Leere oder trockene Gasarten zu erhalten, müsse man in die Glasröhre, welche über ihr aufgesetzt ist, eine gewisse Menge kaustischen Kali's einbringen, welche alle Feuchtigkeit einzusaugen vermöchte. Dies wirkt im leeren Raum schnell, und verschluckt die Feuchtigkeit augenblicklich; in der atmosphärischen Luft oder andern Gasarten aber bedarf es einer gewissen Zeit, bis die Dünste sich niederschlagen und mit dem Alkali verbinden. Wollte man hingegen das Brechungsvermögen der Wasserdünste beobachten, so hätte man alle mögliche Mittel anzuwenden, um die Luft an dem Beobachtungsorte feucht zu machen.

indem man Wasser daselbst verbreitete, feuchte Tücher aufhinge, und vornämlich die Temperatur erhöhte; man dürfte aber diese Dünste nicht in das Prisma hineinbringen, denn durch Niederschlagen an seinen Flächen würden sie das Sehen stören.

Eine andere Vorrichtung zur Messung der Größe der Brechung von Flüssigkeiten ist von Euler *) vorgeschlagen. Man nimmt zwei Menisken **) von Glas (Fig. I.) ADCE und AFCB, legt sie auf einander und füllt den Zwischenraum zwischen beiden mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. Sowie man verschiedene Flüssigkeiten in diesen Raum bringt, ändert sich die Brennweite des Linsenglases, und aus dieser Aenderung der Brennweite läßt sich die Größe des Brechungsvermögens der verschiedenen Flüssigkeiten bestimmen, weil die Brennweite selbst durch die Brechung bedingt wird.

I.

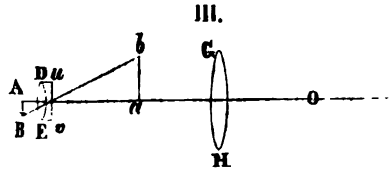


Euler bediente sich zweier, in einem Fernrohr anzubringender, Glas-Menisken, wovon der erste, dem Objecte zugekehrt, eine concav-concave Linse, der andere eine nach dem Objecte zu concave, nach dem Bilde zu convexe Linse war, wie Fig. II. erläutert. Er tauchte die beiden Linsen in die filtrirte Flüssigkeit, drückte sie, nachdem sie sich damit gefüllt, fest zusammen, worauf sie, auch nach dem Herausnehmen, fest an einander hafteten, befestigte sie sodann vorn in einem Fernrohre, dessen Ocular die Brennweite von 1,56″ hatte, richtete es nach einem fernen Gegenstande und berechnete aus der Länge, um welche er das Objectiv bis zum deutlichen Sehen verschieben oder die Röhre ausziehen mußte, die Brennweite desselben und daher das Brechungsverhältniß der in ihm eingeschlossenen Flüssigkeit. Durch gehörige Wahl der Radien läßt sich die veränderliche Länge sehr beträchtlich erhalten und daher das Verhältniß bis auf die vierte Decimalstelle verbürgen.

II.

Brewster ***) fand, daß viele undurchsichtige Körper, in sehr dünnen Schichten angewandt, durchsichtig werden, und indem er sehr dünne planconcave Linsen aus solchen Körpern herstellte, untersuchte er das Brechungsvermögen derselben. Das Verfahren Brewsters beschreibt Brandes ****), wie folgt: Wenn man sich ein gewöhnliches, aus zwei convexen Gläsern zusammengesetztes Mikroskop denkt, worin DE Fig. III. die dem Objecte zugekehrte Linse ist, so wird bekanntlich von dem Objecte AB ein Bild ab hervorgebracht, welches man durch das Augenglas GH betrachtet. Die Stelle dieses Bildes ab wird nicht geändert, wenn man in Planglas uv mit parallelen Flächen hinter dem Objectivglase senkrecht gegen die Axe Aa des Mikroskops einsetzt; aber sobald man den Raum DEvu mit einer Flüssigkeit von anderer Brechungskraft, als die der Luft ist, füllt, muß sich die

III.



*) Mém. de Berlin 1756 p. 235; 1762 p. 279.
**) S. d. Art. Linsenglas.
***) Treatise on new philos. Instruments p. 247 etc.
****) Brandes in Gehl. phys. Lex. Bd. I. S. 1142.

Stelle des Bildes ändern. Sobald aber dieses geschieht, wird das durch GH den Gegenstand AB betrachtende Auge diesen nicht mehr deutlich sehen, sondern man wird dem Gegenstande eine mehr vom Objectivglas entfernte Stelle geben müssen, damit er wieder deutlich erscheine, oder damit das Bild wieder in ab, wie vorhin, gebildet werde. Wenn man also die Entfernung genau abmißt, die man dem Gegenstande A von der Vorderseite der Linse DE geben muß, damit er deutlich gesehen werde, so erhält man auf ähnliche Weise das Brechungsverhältniß, wie vorhin bei dem von Euler vorgeschlagenen Versuche. Bei Brewsters Versuchen wurde der Raum DEvu mit einer minder durchsichtigen Materie z. B. Pech gefüllt, und vermittelst einer Schraube wurde das Planglas so angedrückt, daß der kleine planconcave Raum zwischen dem Planglase und der Linse dünn genug wurde, um jene Materien als durchsichtig darzustellen. Auch sie machten dann eine eben solche Aenderung in der Stellung des Gegenstandes nöthig, wenn das Bild durch GH deutlich erscheinen sollte, und es läßt sich also die Brechung, welche der Lichtstrahl in jener Materie litt, bestimmen.

Brewster hat noch eine andere sehr erfolgreiche Entdeckung gemacht. Nach dem Vorigen muß man aus den zu untersuchenden festen Körpern Prismen bilden: dies ist aber immer mühsam und nicht selten ganz unausführbar, namentlich wenn derselbe nur in kleinen Stücken vorhanden ist. Er brachte deswegen den zu untersuchenden Körper in eine Flüssigkeit, der er durch Mischung von Flüssigkeiten, deren Brechungsvermögen bekannt ist, dasselbe Brechungsvermögen gab, welches der feste Körper hatte. Sobald die Flüssigkeit gleiches Brechungsvermögen mit dem festen Körper hat, erscheint der letztere, wenn er vorher wegen Unebenheit seiner Oberfläche auch gänzlich undurchsichtig schien, völlig durchsichtig. So machte Brewster ein unregelmäßiges Stück Crownglas, welches wegen seiner rauhen Oberfläche völlig undurchsichtig war, in canadischen Balsam, und dadurch wurde das Glas so durchsichtig, daß er dadurch lesen konnte. Aus dem Brechungsvermögen der Flüssigkeit läßt sich hiernach das des in ihr befindlichen festen Körpers bestimmen. Zu genauerer Untersuchung bediente sich Brewster des oben angegebenen Mikroskops. Der Raum DEvu (Fig. III. S. 881.) wurde mit derjenigen Flüssigkeit angefüllt, von der er vermuthete, daß sie gleiches Brechungsvermögen mit dem zu untersuchenden Körper besitze. Darauf suchte er die Entfernung des Körpers vom Objectivglase, in welcher derselbe deutlich erschien. Nun wurde ein Stück des festen Körpers so in den Raum DEvu gebracht, daß die Lichtstrahlen durch ihn hindurch gehen mußten. Wurde hierdurch der Deutlichkeit Eintrag gethan (welches der Fall war, wenn das Brechungsvermögen der Flüssigkeit und des Körpers in ihr nicht dasselbe war), so wurde die Flüssigkeit so lange durch Vermischung anderer Flüssigkeiten geändert, bis der Gegenstand (ohne daß seine Stellung verändert worden) völlig deutlich erschien. Diese Deutlichkeit mußte dieselbe bleiben, es mochte nun der zu untersuchende Körper in die Flüssigkeit getaucht sein oder nicht. Aus der bekannten Entfernung des Objectivglases vom Gegenstande konnte die Brechung des flüssigen Körpers sowohl als des festen berechnet werden.

Brandes macht aufmerksam auf die Vortheile, welche dieses Verfahren Körper, die wegen ihrer rauhen Oberfläche undurchsichtig sind, durchsichtig zu machen, Optikern und Juwelieren gewährt.

Der Optiker, der die Brechung für ein Glas, dessen er sich zu Fernröhren bedienen will, zu wissen verlangt, hat nun nicht erst nöthig, Prismen daraus zu

schleifen, um die Brechung kennen zu lernen, sondern braucht sich nur für alle vorkommende Fälle ein Mikroskop auf die angegebene Weise einzurichten. Der Juwelier kann der Unsicherheit, ob ein von außen gut aussehender Edelstein nicht vielleicht inwendig rissig ist, ganz ausweichen; denn er braucht ihn nur in Sassafras-Oel oder ein ähnliches zu tauchen, so erkennt er in dem alsdann fast ganz durchsichtig gewordenen Steine alle Risse. Eben das Mittel dient auch, künstliche Pasten von wahren Edelsteinen zu unterscheiden, da sie nicht gleiches Brechungsvermögen besitzen. Eine Mischung von Cassia-Oel und Baum-Oel ist zu diesen Versuchen für eine sehr große Menge von Körpern brauchbar, wenn man für jeden das richtige Verhältniß der Mischung wählt.

Es ist oben S. 874 angegeben worden, wie man durch Zeichnung, sobald der Brechungsexponent eines Körpers bekannt ist, den Gang des gebrochenen Strahles angeben kann. Es sei NSE der Durchschnitt der Einfallsebene durch ein gläsernes Prisma. BC sei das Einfallsloth und AB der einfallende Strahl, welcher wenig vom Einfallslothe abweicht. Er wird dann auch im Glase nur wenig gebrochen nach der Linie BG. Um nun den Gang des ausfallenden Strahles zu finden, mache man die nöthige Zeichnung. ML ist der Sinus des Winkels, den der Strahl im Glase mit dem Einfallslothe MG macht; wir nehmen seine Länge $1\frac{1}{2}$ mal (vergl. S. 876), tragen diese Länge auf DG, errichten in N einen Perpendikel und durch den Punkt, in dem dieser den Kreis schneidet, geht der Strahl bei seinem Austritt aus dem Glase. Einen solchen Punkt aber giebt es gar nicht, weil NV den Kreis gar nicht schneidet. Der Grund ist, weil NG größer als DG, größer als der Radius des Kreises ist. In diesem Falle geht der Strahl gar nicht in die Luft über. Dies als allgemeines Gesetz ausgesprochen heißt: Ein Lichtstrahl geht aus einem stärker brechenden Körper in einen weniger brechenden Körper nur dann wirklich über, wenn der Einfallswinkel eine gewisse Größe nicht übersteigt; dagegen wird der Strahl zurückgeworfen, wenn der Sinus des Brechungswinkels größer als der Radius werden müßte. Kehren wir zu der Figur zurück, so wird ein Auge in H den Gegenstand bei A mit dem vollen Lichte, das nur der schönste Spiegel gewähren kann, erblicken. Legt man z. B. das Prisma mit der Basis NE auf ein beschriebenes Blatt Papier, und bringt das Auge nach O, so sieht man die Buchstaben auf dem Papiere, zugleich aber schwache Spiegelbilder von Gegenständen in der Gegend von A; rückt das Auge weiter herab, so kommt es endlich in einen Punkt, wo die Buchstaben nicht mehr gesehen werden, dagegen im hellsten Lichte die Spiegelbilder der Gegenstände bei A.

Da es bei dieser Zurückwerfung auf das Brechungsvermögen des unter NE befindlichen Körpers ankommt, indem sie früher oder später eintreten wird, je nachdem der Körper unter NE geringeres oder größeres Brechungsvermögen besitzt, so haben dieselbe Wollaston*) und Malus als ein Mittel benutzt, das Brechungs-

*) Gilb. Ann. Bd. XXXI. S. 225. 235.

vermögen undurchsichtiger Körper darnach zu bestimmen. Die Bestimmung der Brechung durch Zurückwerfung hat Wollaston noch benutzt, um die Verfälschung mancher Flüssigkeiten zu entdecken, indem die Zurückwerfung bei verfälschten Flüssigkeiten früher oder später eintritt, als bei den unvermischten.

In folgender Tabelle sind die Brechungsexponenten zusammengestellt von den Körpern, die bis jetzt untersucht sind, wobei der Brechungsexponent des leeren Raumes = 1,000 angenommen ist.

1) Feste und tropfbar flüssige Körper.

Name des Körpers	Brechungsexponent	Name des Körpers	Brechungsexponent
Aether	1,358 W. *)	Asand	1,590 Mr.
"	1,374 Y.	Assa fötida	1,575 Y.
" zum dreifachen Volumen ausgedehnt	1,057	Auge des Menschen:	
Alaun	1,457 W.	Hornhaut	1,286
"	1,458 N.	Wasserfeuchtigkeit	1,3366
"	1,488 Y.	ganze Linse	1,3839
Alaunlösung, gesättigt	1,356 H.	äußere Lage der Linse	1,3767
Alaunerde, salpetersaure	1,410 W.	mittlere Lage	1,3786
" in Weingeist	1,422 W.	Kern	1,3999
Albumen	1,360 W.	Glasfeuchtigkeit	1,3394
Aloe	1,634	Auge eines Lammes:	
Ambra	1,547 W.	Hornhaut	1,386
" spec. Gew. = 1,04	1,556 N.	äußere Lage der Linse	1,386
Ambraöl	1,505 W.	mittlere Lage	1,428
Amethyst	1,562 W.	Kern	1,436
Ammoniak, kaust.	1,349	Glasfeuchtigkeit	1,345
" wasserfrei, durch Kälte condensirt	1,752	Auge des Kabeljau:	
" salzsaures	1,625	ganze Linse	1,5492 Mr
" mit schwefelsaurer Magnesia	1,483	äußere Lage	1,410
Ammoniakgummi	1,592	mittlere Lage	1,439
"	1,578 Y.	Kern	1,5929 Mr
Anatas	2,500	Glasfeuchtigkeit	1,3531
Angelicaöl	1,491	Auge eines Ochsen:	
Anisöl	1,601	ganze Linse	1,4747
"	1,536 Y.	äußere Lage	1,4293
Anhydrit, extraordinär	1,6219	Kern	1,5425
" ordinär Str.	1,5772	Glasfeuchtigkeit	1,3571
Apfelsäure	1,395	Wasserfeuchtigkeit	1,3358
Apophyllit	1,5431 H.	Arinit	1,735
Aragonit, ord.	1,6931 M.	Balsam: Copaiva	1,507 Mr
" extraord. Str.	1,5348 M.	"	1,528
Arsenik	1,811 W.	"	1,514 Y.
		"	1,516
		" in Alkohol	1,440 W
			1,397 Mr.

*) Es bedeuten B. Biot, Brl. Barlow, Bsc. Boscowich, C. Cavalle. E. Euler, F. Faraday, H. Herschel, Hy. Hauy, M. Malus, Mr. Monro Mx. Marx, N. Newton, R. Rochon, Rud. Rudberg, W. Wollaston, Y. Young Die Zahlen, bei denen keiner dieser Buchstaben steht, sind von Brewster.

Name des Körpers	Brechungs-exponent
lalſam Canada	1,532 Y.
	1,549
	1,528 W.
: Gilead	1,529 Y.
: peruvianiſch	1,597
: Styrax	1,585
: Tolu	1,628
: : in Alk.	1,400 W.
arnt: kohlenſauer	1,540
: ſalzſauer	1,646
: ſchwefelſauer	1,6468 M.
: : extraordinär	1,6352 :
: : ordinär	1,6201
: in der Richtung der Are für die gelbgrünen Strahlen	1,646 H.
	1,649 :
: für die rothen Strahlen	1,646 :
mzee	1,586 W.
bis	1,596 :
rgamotöl	1,473 Y.
	1,471
rgkryſtall	1,562 N.
:	1,568 C.
	1,575 :
rnſtein	1,47
	1,552
ryll	1,598
bergeil	1,626
	1,620 Y.
ttermandelöl	1,603
ri, borſauer	1,866 H.
chromſauer	2,926
: max. *)	2,974
: min. **)	2,508
eſſigſauer	1,400 W.
kieſelſauer	2,123 H.
kohlenſauer max.	2,084
: min.	1,813
ſalpeterſauer	1,758
ſchwefelſauer	1,925
iſalpeter	2,322 H.
it vom Menſchen	1,354 Y.
:acit	1,701
:ar	1,467 N.
	1,475
geſchmolzen	1,532
:arglas (1 Th. Borax 2 Th.	
kieſel)	1,522
innenwaſſer	1,3366 E.

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Buchelöl	1,500
Butter, kalte	1,480 W.
Burõl	1,356 Y.
Cajeputöl	1,478 Y.
	1,483
Calcedon	1,553
Calomel	1,970
Caſſiaöl	1,641
	1,64 H.
	1,603 Mx.
Cautſchouc	1,524 W.
	1,534
	1,557 Y.
Chamillenöl	1,457
	1,476 Y.
	1,455 Mx.
Chryſoberyll	1,760
Chryſolith	1,660
Citronenöl	1,527
Citronenſäure	1,527
Cölner Waſſer	1,382 Mx.
Colophonium	1,543 W.
Comptonit	1,553
Copal	1,535
	1,549
	1,553 Y.
Cryolit	1,344
Cuminöl	1,512
Cyan	1,316
Diamant	2,439 N.
Diamant	2,487 R.
: braun	2,470
Dichroit	1,544
Dillſamenöl	1,477
	1,487
Drachenblut	1,520 (?)
	1,562
Eis	1,310 W.
	1,307
	1,3085
Eiſenoxyd	2,100 Y.
Eiſen, ſalpeterſaures	1,375 W.
: ſalzſaures	1,385 :
: ſchwefelſaures	1,494
:	1,515 N.
Eiweiß vom Hühnerei	1,361
:	1,359 Y.
Eigelb, friſches	1,428
: trocknes	1,500 Y.

*) Der am ſtärkſten gebrochene Strahl.
**) Der am ſchwächſten gebrochene Strahl.

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Eiter	1,395
Elemiharz	1,547
"	1,535 W.
"	1,550 Y.
Epidot, mar.	1,703
" min.	1,661
Essigsäure	1,396
Essig, gemeiner	1,347
" destillirt	1,372 E.
Euklas, extr.	1,663
" ord.	1,6429
Feldspath	1,764
"	1,536
Fenchelöl	1,506
Fenugrecköl	1,487
Fischbein	1,345
Flohkrautöl	1,498
Flüssigkeit in Krystallen	
" ausdehnbarere	1,1311
" minder ausdehnbare	1,2946
1. Flüssigkeit im Topas	1,1311
2. " " "	1,2946
Flüssigkeit im Amethyst	1,2106
Flußspath	1,436
"	1,433 W.
Frauenmünzöl	1,481
"	1,496
Gewürznelkenöl	1,596
Glas, gemeines	1,530
" v. St. Gobain	1,543 W.
Glas, zu Bouteillen	1,582
" zu Tafeln	1,527
" grünes	1,615
" hyacinthrothes	1,647
" blaßrothes	1,570
" dunkelrothes	1,729
" rothes mit Gold	1,715
" purpurrothes	1,608
" rubinrothes	1,601
" rosenrothes	1,570
" oranges	1,695
" lichtblaues	1,570
" zimmtbraunes	1,530
" opalartiges	1,635
Glas (Flint-)	
1 Th. Blei 4 Th. Kiesel	1,664
1 " " 2 " "	1,724
1 " " 1 " "	1,787
3 " " 4 " "	1,732
2 " " 1 " "	1,830
3 " " 1 " "	1,028
1 " " 4 " "	1,664

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Glas (Flint-) Frauenhofers	
" " Nr. 30	1,6374
" " Nr. 23	1,6405
" " Nr. 13	1,6420
" " (borsaur. Bleioxyd)	2,0652 H.
" " kieselhalt. borsaur. Bleioxyd	1,8735 H.
Glas (Crown-) englisches	1,500 W.
" " französisches	1,504 "
" " Fraunhofers	
" " Nr. 13	1,5314
" " Nr. 9	1,5331
Gold, in Königswasser gelöst	1,364 W.
" in Weingeist	1,390 "
Granat	1,815
Guajac	1,600 Y.
"	1,619
"	1,550 Y.
"	1,596 W.
Gummi Ammoniak	1,592
"	1,578 Y.
Gummi arabischer	1,476 N.
"	1,512
"	1,513 Y
"	1,514 W
" Tragant	1,520
"	1,66 W
Gummilack	1,52
"	1,528 Y.
Hausenblase	1,345
Holzöl	1,506
Honig	1,495 Y
Horn	1,565
Jalappaharz	1,608
Jodlösung in Weingeist	1,384 W.
Kalilösung	1,390
Kali, arsenikfaures	1,535 W.
" chromsaur. fest mar.	1,665
" " min.	1,319
" kohlensaures	1,482
" schwefelsaures	1,509
"	1,508 W
" weinsteinsaures mit Soda	1,515
" für d. rothen Strahl	1,4929 H
" " " grünen "	1,4965
Kalkspath, ord.	1,6543 H
" extr.	1,4833

Name des Körpers	Brechungs-exponent
kalk, salpeterſaurer	1,410 1,427
= salzſaurer	1,425 1,440
= ſchwefelſaurer	1,525 W.
= unterſchwefelſaurer rothe Strahlen	1,561 H.
= gelblichgrüne	1,566 H.
= wolframſ. max.	2,120
= = min.	1,970
alkwaſſer	1,334
anellſtein	1,750
ampfer	1,487 W. 1,496 Y. 1,500 C.
ſpec. Gew. = 0,996	1,500 N.
ochſalzlöſung, geſättigte	1,375 C.
immelöl	1,508
upfer, ſchwefelſ. max.	1,552
= = min.	1,531
brador, Hornblende	1,80 H.
vendelöl	1,475 1,467 W.
inöl	1,485 W.
= ſpec. Gew. = 0,932	1,482 N.
= = = = =	1,487 Y.
ucit	1,527
moniöl	1,476 W.
= in Weingeiſt	1,430 W.
agneſia, ſalzſaure	1,416 W.
= ſchwefelſaure	1,488
= =	1,465
ajoranöl	1,491
andelöl	1,469 W.
andelſtein	1,515
anna	1,533 Y.
aſtix	1,560 1,535 W. 1,539 Y.
arköl, kalt	1,525
= geſchmolzen	1,481
erionit	1,606
ellit	1,556 1,538
efotyp, max.	1,522
= min.	1,516
ohnöl	1,463

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Muscatblüthenöl	1,512 Y. 1,526 =
Muscatnußöl	1,497 W.
Myrrhe	1,524 1,517 Y.
Nadelſtein von Faröe	1,5153
Naphta	1,475 Y.
Natron, ſalpeterſ. ord.	1,481 Mx.
Natron, ſalpeterſ. extr.	1,251 =
Nußöl	1,490 H. 1,507
Obſidian	1,488
Oktaedrit	1,500
Olibanum-Gummi	1,544
Olivenöl	1,469 W. 1,470
Opium	1,559 Y.
Orangeſchalenſaft	1,403
Palmöl	1,475 Y.
Pech, gemeines	1,530
= Burgunder	1,546 1,560
Perlen	1,653
Pfefferminzöl	1,473 Y.
Phosphor	2,224
=	2,125 Y. 2,260
= in Schwefelkohlenſtoff gelöſet	1,708 Mx.
Phosphorglas	1,532
Phosphorige Säure	1,437 Y.
Phosphorſäure, flüſſige	1,426 1,460 Mx.
= geſchmolzene	1,532
= feſte	1,544
Phosphorwaſſerſtoff, flüſſig	1,423 Y.
= feſt	1,441 W. 1,442 =
Pimentöl	1,503
Platin in Königswaſſer gelöſt	1,370 W.
Pyrop	1,792
Quarz, extr.	1,558 M.
= ord.	1,548 =
Queckſilber (wahrſcheinlich)	5,829 H.

Name des Körpers	Brechungsexponent
Queckſilberchlorid	1,970
Rautenöl	1,433 1,449
Realgar, künſtlicher	2,549
Ricinusöl	1,490
Rochellerſalz	1,515
" (mittl. Grün)	1,4985 H.
" (" Roth)	1,4929 "
Rodiumholzöl	1,500
Roſenholzöl	1,505
Rosmarinöl, max.	1,469
" min.	1,472 Y.
Rubellit	1,768 H. 1,779
Rubin	1,779
Rüböl	1,475
Rum	1,360 Y.
Salmiaklöſung, concentrirte	1,393 Mx.
Salpeter max.	1,514
" min.	1,535
Salpeterſäure, ſpec. Gew. 1,48	1,410
" " " "	1,391 Mx.
Salpetrige Säure	1,396
Salzſäure, concentr.	1,401
" "	1,4098
" ſpec. Gew. 1,134	1,392 H.
Sandarak	1,538
Saphir, weiß	1,768 W.
" blau	1,794
Saſſafrasöl	1,532
"	1,536 W.
"	1,522 Y. 1,544 E.
" in Weingeiſt	1,405 W.
Schellak	1,525
Schildpatt	1,598
Schwefel, natürlicher	2,040 W.
" gegoſſen	2,146
" geſchmolzen	2,1
" in Schwefelwaſſerſtoff gelöſt	1,693 Mx.
"	2,008 Y.
Schwefelbalſam	1,497 1,532 Mx.
Schwefelchlorid	1,67 H.
Schwefelkali	1,375 W.

Name des Körpers	Brechungsexponent
Schwefelkohlenſtoff	1,68 H.
" bei — 0°,56	1,643 Bd.
" " 13°,89	1,634 "
" " 28°,89	1,625 "
Schwefelkalk	1,375
Schwefelſäure, ſp. Gew. 1,840	1,440 Mx.
" " "	1,435 W.
" " "	1,428 N.
Schwefelwaſſerſtoff, tropfbarer	1,767 F.
Sebenbaumöl	1,482
Seife von Windſor	1,487 Y.
" neapolitaniſche	1,479 "
Seifengeiſt	1,4068 E
Selenit	1,525 W.
" max.	1,536
" ſpec. Gew. = 2,252	1,488 N.
Selterwaſſer	1,3353 E
Soda, ſalpeterſaure	1,481 Mx
" unterſchwefelſ. max.	1,785 H.
" " min.	1,735 "
" geſchmolzene	1,411 Y.
Silber, ſalpeterſaur. max.	1,788
" " min.	1,729
Smaragd	1,585
Spargelſtein	1,657 Y
Spermaceet	1,478 Y
Spermacetöl	1,473 Y.
Speichel	1,339 Y.
Spießglanz, ſalzſ.	1,420 W
" in Weingeiſt	1,410 W
Spießglanzglas	1,889 N
Spinell	1,813 W 1,756 H 1,761
Stärkemehl	1,504 Y
Steinöl	1,544 Y
Steinſalz, grüne Strahlen	1,4985 H.
" rothe "	1,4929 H.
Stilbit	1,508
Storax	1,584
Strontian, kohlenſ. max.	1,700
Strontian, kohlenſ. min.	1,543
" unterſchwefelſauer max.	1,651 H
" " min.	1,606 H
" "	1,644
Styraxbalſam	1,584
Tabaköl	1,547
Tabaſheer, gelblich	1,1111
" von Nagpore	1,1454
" " "	1,1569
" weiß	1,1835

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Talg, kalt	1,491 W.
″ geschmolzen	1,460 W.
Terpentin	1,545
Terpentinöl, gemeines	1,476 W. 1,486 H.
″ destillirt	1,470
Theriak	1,500
Thymianöl	1,477
″	1,486 Y.
Topas, farbelos	1,6102
″ von Brasilien, extr.	1,6401
″ ″ ″ ord.	1,6325
″ blauer	1,636
″ rother	1,652
″ gelber	1,638 Y.
Thran	1,483
Tungstein max.	2,129
″ min.	1,970
Turmalin	1,668
Vogelleim	1,553 Y. 1,506
Wacholderöl	1,473
″	1,482 Y. 1,491 ″
Wachs bei 17°,5	1,512 M.
″ geschmolzen	1,540 ″
″ siedend	1,442 ″
″ weißes	1,462
″ gelbes	1,542
Wachsöl	1,452 C.
Wasser	1,336 W.
″ gesalzen	1,343
Weihrauch	1,554
″	1,546 Y.
Wein, Porter	1,351 ″
Weingeist	1,372 W.
Weingeist, sp. Gew. 0,866	1,370 N.
″ gewässert	1,374
″ rectificirt	1,372 H.
Weinöl	1,379 Y.
Weinsteinsäure, max.	1,518
″ min.	1,578
Wismuth, salpeters. max.	1,89 H.
″ ″ min.	1,67 ″
″ ″	1,446 Mx.
Wurmholzöl	1,453
Ysopöl	1,485
Zimmetöl	1,604 Y.
Zink, salzsaures	1,425
″ schwefelsaures	1,517
Zinkblende	2,260
Zirkon, max.	2,015
″ min.	1,961
Zucker, geschmolzen	1,545
″ nach öfterm Schmelz	1,555
″ weißer	1,535 W. 1,541 Y.
Zwergbaumöl	1,483

2) Gase bei 0° C. Temperatur und 0,m76 Luftdruck.

Name des Gases	Brechungsexponent n		Brechungsvermögen $n^2 - 1$	Dichte
Atmosphärische Luft	1,000294	1,000 *)	0,000589	1,000 B.
Ammoniakgas	1,000385	1,309	0,000771	0,591 *)
Chlorgas	1,000772	2,623	0,001545	2,47
Cyangas	1,000834	2,832	0,001668	1,818
Cyanwasserstoffgas	1,000451	1,531	0,000903	0,944
Kohlenwasserstoffgas im Min.	1,000443	1,504	0,000886	0,559
Kohlenoxydgas	1,000340	1,157	0,000681	0,972

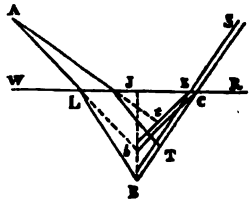
*) Atmosphär. Luft = 1 gesetzt.
**) Die übrigen Messungen sind von Dulong angestellt.

Name des Gases	Brechungsexponent n		Brechungsvermögen $n^2 - 1$	Dichte
Kohlensäuregas	1,000449	1,526	0,000899	1,524
Oelbildendes Gas	1,000678	2,302	0,001356	0,980
Phosphorwasserstoffgas in Min.	1,000789	2,682	0,001579	1,256
Phosgengas	1,001159	3,936	0,002318	3,442
Sauerstoffgas	1,000272	0,924	0,000544	1,1026
Salzätherdunst	1,001095	3,72	0,002191	2,234
Salzsäuregas	1,000449	1,527	0,000899	1,254
Schwefelätherdunst . . .	1,00153	5,197	0,003061	2,580
Schwefelwasserstoffgas . . .	1,000644	2,187	0,001288	1,178
Schwefeligsaures Gas . . .	1,000665	2,260	0,001331	2,247
Schwefelkohlenstoffdunst . .	1,00150	5,110	0,00301	2,644
Stickgas	1,000300	1,020	0,000601	[illegible]
Stickstoffoxydgas	1,000303	1,03	0,000606	[illegible]
Stickstoffoxydulgas	1,000503	1,710	0,001007	[illegible]
Wasserstoffgas	1,000138	0,470	0,000277	[illegible]

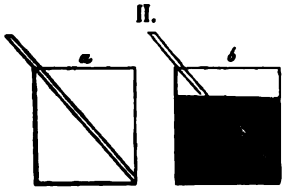
Auf den Gesetzen der Brechung beruht die ganze Dioptrik, daher [illegible] Erscheinungen bei dioptrischen Instrumenten (Brillen, Fernröhren, Mikro[illegible] aus ihr zu erklären sind. Eine Menge von Erscheinungen, zum Theil von [illegible] wunderbarer Art, welche in der Natur vorkommen, haben ihren Grund in der Brechung des Lichtes. Wir wollen hier nur auf einige aufmerksam machen, welche leicht zu beobachten sind, und denen keine besondern Artikel gewidmet sind.

Wenn man einen Stab in schiefer Lage ins Wasser taucht, so erscheint derselbe an der Stelle, wo er durch die Oberfläche des Wassers geht, gebrochen; der Grund ist leicht einzusehen. WR (Fig. I.) sei die Oberfläche des Wassers, SB der eingetauchte Stab, welcher bei E von der Oberfläche des Wassers umgeben ist. In A befinde sich das Auge des Beobachters. Dann geht ein Strahl von B aus durch das Wasser nach L, dort wird er gebrochen und gelangt in der Richtung LA nach dem Auge bei A. Das Auge sieht also den Punkt B in der Richtung Ab bei b. Ebenso geht von jedem anderen Punkte T des ins Wasser gesenkten Theiles des Stabes ein Strahl auf einem Wege TJA nach A, und dieser Punkt T wird dann in der Richtung At bei t gesehen. So erscheint dem Auge bei A der eingetauchte Theil des Stabes nicht in EB, sondern in Eb, also der ganze Stab scheint bei E gebrochen. Die Brechung, welche das Licht beim Austritt aus dem Wasser in die Luft erleidet, ist auch der Grund, daß ein Stäbchen, welches in ein Glas voll Wasser getaucht wird, in zwei Theile zerlegt erscheint, wenn man das Auge in gleiche Höhe mit der Oberfläche des Wassers bringt, wie Fig. II. veranschaulicht. Fig. II.a zeigt, wie das Stäbchen erscheint, so lange noch kein Wasser im Glase ist, Fig. II.b, wie es erscheint, nachdem Wasser in das Glas gegossen worden.

I.

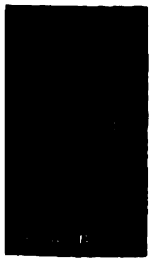


II.



Wenn man aus einer gegen die Oberfläche des Waſſers geneigten Richtung nach dem Boden eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes ſieht, ſo ſcheint er höher zu liegen, als wirklich der Fall iſt, und wenn man in ein Gefäß nach und nach mehr Waſſer gießt, ſo ſcheint ſich der Boden des Gefäßes zu heben. Die Erklärung liegt ſchon in dem, was S. 872 geſagt worden, wie nämlich dort der einzelne auf dem Boden bezeichnete Punkt durch Eingießen von Waſſer in das Gefäß ſich zeigte, alſo hob, ſo hebt ſich dann jeder Punkt des Bodens des Gefäßes, d. h. eben der ganze Boden.

Steckt man ſenkrecht auf ein dünnes Stäbchen eine Nadel, und taucht ſodann dieſen Apparat ſenkrecht unter Waſſer, zieht ihn vorſichtig wieder empor, ſo daß ein kleiner Waſſerberg an der Nadel haftend über die Oberfläche des Waſſers ſich erhebt, ſo erſcheint das in das Waſſer getauchte Stäbchen dem Auge, welches am Stäbchen herunter ſieht, aus einander getheilt, wie nebenſtehende Figur vorſtellt, wo WR der Waſſerſpiegel iſt, SB das eingetauchte Stäbchen, in dem in O die Nadel ſteckt und den Wellenberg LOL' gehoben hat; der Stab erſcheint bei O in die beiden Theile OB' und OB'' aus einander gebrochen. Dadurch, daß ſich der Wellenberg bei O gehoben hat, ſteht das Stäbchen nicht mehr ſenkrecht auf der es zunächſt umgebenden Waſſerfläche; das doppelte der oben erwähnten Erſcheinung, wo ein Stab in ſchiefer Lage ins Waſſer getaucht wurde, tritt ein. Das doppelte aber darum, weil ſich hier zwei verſchiedene Waſſerflächen OL und OL' ſchneiden, dort aber nur eine war, gegen welche der Stab geneigt war. Der Weg des von B (und entſprechend jedes andern von einem Punkte in OB ausgehenden Strahles) iſt in Bezug auf die Fläche OL, BLS, ſo daß alſo B von S aus in B' erſcheint, und in Bezug auf die Fläche OL', BL'S, ſo daß alſo B in B'' erſcheint. Man kann dieſe Theilung noch vervielfältigen, wenn man ſtatt Einer Nadel zwei oder mehrere ſenkrecht auf das Stäbchen ſteckt, und zwar in Einer Ebene, ſo daß ſie Winkel unter einander bilden, und ſich zu gleicher Zeit über die Waſſerfläche beim ſenkrechten Hervorziehen des Stäbchens erheben. Dieſer Verſuch kann abgeändert werden in der Art, wie er von Klügel angeſtellt worden, ſo nämlich, daß man auf ein Bretchen zwei Nadeln in einiger Entfernung von einander ſenkrecht einſteckt; ſobald man nun das Bretchen ſenkrecht ſo in das Waſſer hält, daß die eine Nadel ſenkrecht unter der andern im Waſſer ſteht, die andere den erwähnten Waſſerberg bildet, ſo erſcheint dem über die obere Nadel herunterblickenden Auge die zweite Nadel doppelt, nämlich zu beiden Seiten der oberen Nadel *).



Auch eine Verdoppelung der Bilder kann eintreten nach den Geſetzen einfacher Strahlenbrechung; dies geſchieht, wenn das brechende Mittel in ſchneller Bewegung iſt, indem dann der Einfallswinkel ſich ſchnell verändert und daher der geſehene Gegenſtand ſchnell hinter einander in verſchiedenen Richtungen geſchehen wird. Daher das Flimmern der Bilder, welche durch ungleich erwärmte Luftſchichten geſehen werden, z. B. an den Rändern der Dächer von der Sonne beſchienener Häuſer. Hierher gehört auch die von Wollaſton gemachte Bemerkung, daß, wenn man in Gefäße mit dünnen, ebenen und parallelen Seidenwänden verſchieden bre-

*) Hällſtröm in Gilb. Ann. Bd. III. S. 235.

üllte Gefäß mittelst einer bis auf den Boden [illegible]
, die sich langsam mit dem Wasser mischt und daher Schichten bildet,
unten nach oben allmälig an Dichte abnehmen), ein leuchtender Punkt
Länge des Gefäßes betrachtet doppelt erscheint. —

ppelte Brechung, doppelte Strahlenbrechung (lat. refractio
anz. u. engl. double refraction) ist die merkwürdige Erscheinung, daß bei
tallen, deren Krystallform kein Würfel, kein reguläres Octaëder und kein
aldodekaëder ist, ein hindurchgehender Lichtstrahl in zwei Strahl
ird, weshalb jeder Gegenstand durch einen solchen Krystall betrachtet do
n wird. Von den zwei Strahlen, in welche der Eine einfallende Strahl
ird, befolgt der eine die gewöhnlichen Gesetze der einfachen Brechung
herg. Art.) und heißt deswegen der gewöhnlich gebrochene (ord
rahl; der andere Strahl aber befolgt jene Gesetze nicht und heißt deswe
ewöhnlich gebrochene (extraordinäre) Strahl. Beim Austritt aus
stalle gehen die beiden Strahlen (der gewöhnlich gebrochene und der unge
gebrochene) in paralleler Richtung neben einander fort.

ese Erscheinung wurde zuerst im 17. Jahrhundert von Bartholin*)
hagen an einem Krystall von kohlensaurem Kalk, der vorzüglich in Island
t und deswegen isländischer Krystall genannt wird, bemerkt. Wegen der
aft, die Strahlen doppelt zu brechen und wegen seines blättrigen Gefüges
eser Krystall seitdem isländischer Doppelspath, Kalkspath
e, welchem es gelang, die Gesetze, nach denen die doppelte Strahlen
erfolgt, aufzufinden, war Huyghens **).

nächst wollen wir die Erscheinung doppelter Strahlenbrechung, wie sie
alkspath auftritt, näher betrachten. Die Kernform des Kalkspathes
omboëder. Jede Seitenfläche des Krystalles ist eine gleichseitige
bus), deren größerer Winkel 101° 55′ und deren kleinerer also 78°
. Die Seitenflächen sind unter einander geneigt unter den Winkeln 105°
° 55′. Von den 8 Ecken des Körpers bestehen 2 aus drei stumpfen
keln, 6 aus einem stumpfen und 2 spitzen Winkeln. Nebenstehende
Figur stellt einen solchen Krystall vor, und sind A und B die
pfen Ecken desselben, so heißt die durch diese Ecken gelegte Fläche
welche auf einer Fläche des Krystalls senkrecht steht und die zu den
stumpfen Ecken gehörigen stumpfen Winkel dieser Fläche halbirt,
nämlich ADBC, der Hauptschnitt des Krystalles, und dessen Di
AB, welche von einer stumpfen Ecke bis zur andern reicht, heißt die Axe
oppelten Brechung oder optische Axe. Diese Axe macht mit allen
anten jeder der stumpfen Ecken des Krystalles gleiche Winkel. Gegen
eitenflächen hat diese Axe gleiche Neigung, indem sie gegen alle unter einem
l von 45° 23′ 25″ geneigt ist ***). Wenn ein Krystall nicht, wie in dem

*) E. Bartholini experimenta Crystalli Islandici Disdiaclastici, quibus mira refracti
ur. Havniae 1669 u. Phil. Trans. No. 67.

**) Hugenii traité de la lumière. Leyd. 1690.

***) Um sich dieses, sowie das Folgende, wo von Schnitten des Krystalles die Rede ist,
ganz verständlich zu machen, thut man am besten, sich die Form des Krystalles aus
Kartoffel, aus Thon oder dergleichen zu schneiden, und an dieser Form allenfalls die

[illegible] die Axe bekommen sodann im Krystall eine
[illegible]
[illegible] das krystallinische Gefüge sich bis auf die kleinsten Theil
[illegible] erstreckt; so muß man jeden größeren Krystall als

I.

ligen Menge kleiner, ebenso wie er
zusammengesetzt sich vorstellen. Jede
wird daher als aus einer unzählbar
Rhomboëder zusammengesetzt vorzust
sen kleinen Krystallen sind dann die
Axen ebenso geordnet, wie in dem
Axen werden alle parallel der Ax
sowie ihre Hauptschnitte parallel de
großen.

Wenn man diesen Krystall auf einen schwarzen Punkt o
[illegible], so erscheint derselbe doppelt. Man kann auch e
[illegible]nden Punkte hindurch gehen lassen, nach seinem
[illegible] doppelt. Um nun aber genauer zu bestimmen, w
[illegible]ng für diese Strahlen sei, bat Malus ein einfach
[illegible]chen nämlich auf eine Elfenbeinplatte mit einer recht
[illegible]ligs Dreieck ABC, (Fig. II.), dessen eine Kathete sei
[illegible] andern sei, etwa nur $^1/_{10}$ so groß. Betrachtet man n

II.

Dreieck durch den Kalkspath KT,
wie die Zeichnung darstellt, sowohl
A′B′C′. Hier schneidet C′A′ die
man nun AD = A′D′, so findet m
und dieser entspricht dem Punkte D
D′ gehört sowohl dem einen (ABC)
(A′B′C′) an; also vereinigen sic
chene Strahl von D′ und der
Strahl von D mit einander bei
Krystalle zu Einem Strahle IL;
IL, der vom Auge aus nach dem Krystalle ginge,
[illegible] werden; bestimmt man nun den Einfallspunkt
[illegible] gegen ADBC, so kann man daraus die Bre
[illegible]dener Erscheinungen, welche am Kalkspath beobacht

1) Wenn ein Lichtstrahl auf den Krystall in sen
[illegible]n Theil desselben in derselben Richtung fort, d
[illegible]nlich gebrochene, wird um einen Winkel von
[illegible] nach er mit dem ungebrochenen Strahle in einer
[illegible]schnitte ist.

[illegible]n Schnitte zu vollziehen. Die Form erhält man
[illegible]ssen Ecken schneidet, und dann die übrigen Seitenfl
[illegible] setzt.

2) Schneidet man den Kryſtall ſo, daß er zwei Oberflächen erhält, welche ſenkrecht auf der Axe ſtehen, und läßt den Lichtſtrahl in ſenkrechter Richtung auf eine dieſer Flächen fallen, alſo parallel mit der Axe, ſo geht derſelbe einfach und ungebrochen durch den Kryſtall hindurch; legt man den Kryſtall mit einer der auf die Axe ſenkrecht geſchnittenen Flächen auf einen Punkt, und bringt das Auge in ſenkrechte Stellung über den Kryſtall, ſo ſieht man den Punkt nur einfach. Fällt hingegen der Strahl geneigt gegen die erwähnte Fläche des Kryſtalles, ſo wird er doppelt gebrochen, und zwar liegt der gewöhnlich gebrochene Strahl der Axe näher, als der ungewöhnlich gebrochene. Beide Strahlen, der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene, liegen aber in Einer Ebene mit dem einfallenden Strahle und dem Einfallslothe *).

3) Giebt man dem Kryſtalle zwei Oberflächen, von denen die eine ſenkrecht gegen die Axe ſteht, die andere aber eine beliebige Neigung gegen dieſelbe hat, und läßt ſodann einen Lichtſtrahl auf die gegen die Axe ſenkrechte Fläche einfallen, ſo geht derſelbe ungebrochen und ungetheilt durch den Kryſtall hindurch; auf der andern ſchief gegen die Axe geneigten Fläche wird er bei ſeinem Austritte nach den Geſetzen der einfachen Brechung gebrochen. Fällt ein Strahl auf die gegen die Axe geneigte Fläche in ſolcher Richtung auf, daß er nach der Brechung an dieſer Fläche mit der Axe des Kryſtalls parallel wird, ſo geht er durch den Kryſtall ohne getheilt zu werden hindurch, und tritt ohne nochmals gebrochen zu werden aus demſelben heraus.

4) Schneidet man einen Kryſtall ſo, daß er zwei Oberflächen erhält, welche mit der Axe parallel ſind, und fällt ein Lichtſtrahl ſo auf eine dieſer Flächen ein, daß die Einfallsebene ſenkrecht auf der Axe ſteht, ſo fallen der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl in dieſelbe Einfallsebene (natürlich dieſelbe durch den Kryſtall hindurch verlängert gedacht). Zwiſchen den Sinuſſen **) der Einfallswinkel und den Sinuſſen der Brechungswinkel ſowohl des gewöhnlich gebrochenen, als des ungewöhnlich gebrochenen Strahles findet, wie groß auch der Einfallswinkel ſein mag, ein beſtimmtes Verhältniß ſtatt. Dieſes Verhältniß iſt, in Bezug auf den gewöhnlich gebrochenen Strahl = 1 : 0,604; in Bezug auf den ungewöhnlich gebrochenen Strahl = 1 : 0,674. Der gewöhnlich gebrochene Strahl weicht vom Einfallslothe mehr ab, als der ungewöhnlich gebrochene Strahl. — Fällt bei dem parallel mit der Axe zugeſchnittenen Kryſtall ein Lichtſtrahl ſo ein, daß die Einfallsebene durch die Axe geht, ſo daß die Axe ganz in ſie zu liegen kommt, oder daß die Axe parallel mit der Einfallsebene geht, ſo iſt der Brechungswinkel des gewöhnlich gebrochenen Strahls größer als der des ungewöhnlich gebrochenen, indem hier, wie in allen Fällen, der ungewöhnlich gebrochene Strahl von der Axe des Kryſtalles gleichſam abgeſtoßen erſcheint, wodurch er in gegenwärtigem Falle dem Einfallslothe näher gerückt wird, als der gewöhnlich gebrochene Strahl.

5) Wenn man einen Lichtſtrahl auf die natürliche Oberfläche eines Kalkſpathkryſtalles auffallen läßt, ſo wird derſelbe, wie ſchon unter 1) bemerkt worden, in zwei Strahlen zerlegt; bringt man nun unter dieſen Kryſtall einen zweiten ſo,

---

*) Vergl. den Art. Brechung, einfache, S. 872 ff.

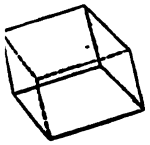
**) S. S. 874 und S. 886 Kalkſpath; $\frac{1}{0,604} = 1,65$ und $\frac{1}{0,674} = 1,48$, welches die Brechungsexponenten.

daß die Axen beider Krystalle und die einander entsprechenden Seitenflächen mit einander parallel gehen; so geht sowohl der gewöhnlich gebrochene Strahl, als der ungewöhnlich gebrochene durch den zweiten Krystall, der erste nach den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, der zweite nach den Gesetzen der ungewöhnlichen Brechung hindurch, ohne daß eine neue Spaltung der Strahlen erfolgt. Dreht man nun den zweiten Krystall so, daß die brechenden Flächen desselben parallel mit den brechenden Flächen des ersten Krystalles bleiben, so wird jeder der beiden Strahlen wieder in zwei zerlegt, welche anfangs von ungleicher, nach Vollendung des achten Theiles der Drehung aber von gleicher Lichtstärke sind. Bei fortgesetzter Drehung nehmen die zwei Strahlen wieder mehr und mehr ab, bis sie nach Vollendung von $^1/_4$ der Drehung verschwunden sind. Nun geht der, als gewöhnlich gebrochener Strahl aus dem ersten Krystall kommende, Strahl nach den Gesetzen ungewöhnlicher Brechung im zweiten Krystalle fort, und der als ungewöhnlich gebrochener Strahl aus dem ersten kommende nach den Gesetzen gewöhnlicher Brechung. Setzt man die Drehung noch weiter fort, so wiederholen sich die eben beschriebenen Erscheinungen von $^1/_4$ zu $^1/_4$ der Drehung.

Die Erscheinungen, welche hier in Bezug auf den Kalkspath beschrieben worden, kommen nun auch bei den andern Krystallen, welche doppelte Strahlenbrechung zeigen, im Allgemeinen auf ähnliche Weise vor.

Marx empfiehlt zu Versuchen über die Doppelbrechung in hohem Grade die, mit einer einzigen den unregelmäßig gebrochenen Strahl abstoßenden Axe begabten, Krystalle des salpetersauren Natrons, dessen Doppelbrechung noch stärker als die des Kalkspathes ist, indem das beständige Verhältniß des Einfallssinus zum Brechungssinus für den gewöhnlichen Strahl nach Marx Messungen = 1,481 und für den ungewöhnlichen Strahl = 1,251 ist, während es beim Kalkspath 1,6543 und 1,4833 ist.

In Nachtheil steht die Anwendung des salpetersauren Natrons gegen die des isländischen Spathes insofern, als es vom letztern leicht ist, sich große und durchsichtige Stücke zu verschaffen, denen ihre natürliche Härte und Unauflöslichkeit im Wasser eine gleichförmige, unveränderliche Dauer verleiht, während man sich von jenem meist mit kleinen Krystallen begnügen muß, deren Klarheit nicht immer vollkommen ist, deren Weiche ein genaues Zuschleifen verhindert und die in feuchter Luft leicht anlaufen und matt werden, wogegen sich jedoch klare Krystalle durch einen sehr dünnen Firniß- oder Fettüberzug schützen lassen. Dagegen gewähren sie den Vortheil, daß sie zu jeder Zeit aus einer wässerigen Auflösung und bei gehöriger Masse und Vorsicht oft in zollgroßen Stücken dargestellt, und wegen ihrer geringen Härte zu optischen Zwecken schnell und ohne Mühe zugerichtet werden können. Die gewöhnlich erscheinende Gestalt des salpetersauren Natrons ist die eines stumpfen Rhomboëders (s. beistehende Fig.).

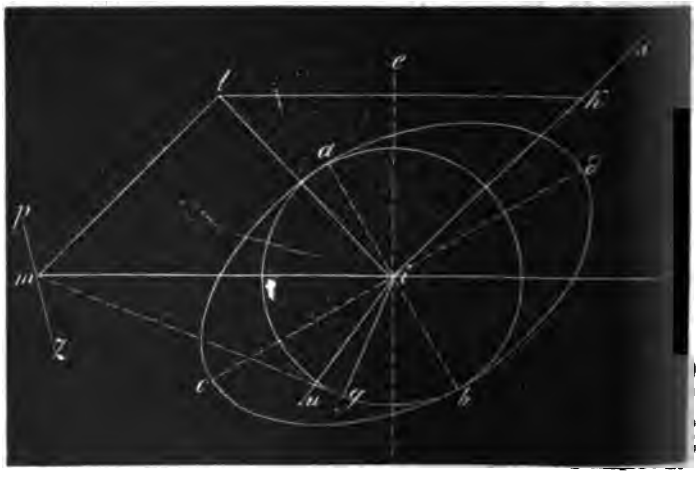


Doppelte Strahlenbrechung zeigen aber alle Krystalle, die nicht zu dem regulären (oder gleichaxigen oder Tesseral-) Systeme gehören. Man theilt diese doppelbrechenden Krystalle in inaxige und zweiaxige ein, da sich in jedem eine oder zwei Richtungen finden lassen, in welche sich alle ebenen Wellen (vgl. d. Art. Licht) mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzen. Diese Richtungen heißen die optischen Axen des Krystalls, deren kein Krystall mehr als zwei zu haben scheint.

In den optisch einaxigen Krystallen fällt stets die optische Axe mit der krystallographischen Hauptaxe zusammen. Von den beiden Strahlen, in welche der einfallende Strahl zerlegt wird, ist der eine (der gewöhnliche Strahl) immer nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen gebrochen, während die Richtung des andern (des ungewöhnlichen Strahles) auch von der Lage der optischen Axe gegen die brechende Fläche des Krystalles abhängt. Im Allgemeinen fällt nämlich der ungewöhnliche Strahl gar nicht in die Einfallsebene, sondern nur ausnahmsweise dann wenn auch die optische Axe in der Einfallsebene liegt, also immer, wenn man den Krystall senkrecht gegen die optische Axe schneidet.

Diejenigen Krystalle, bei denen der Brechungsexponent (s. S. 874) des ungewöhnlichen Strahles größer als der des ungewöhnlichen ist, nennt man negative (oder repulsive) Krystalle, die aber, bei denen er kleiner ist, positive (oder attractive) Krystalle. Das Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strahles erhält in den positiven und negativen Krystallen bezüglich seinen größten und kleinsten Werth dann, wenn der einfallende Strahl eine solche Lage hat, daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl senkrecht gegen die optische Axe zu liegen kommt, und man versteht unter dem Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strahles vorzugsweise diesen größten oder kleinsten Werth.

Schon von Huyghens *) ist eine Construction angegeben worden, um für jedem bestimmten Falle die Richtung des ungewöhnlichen gebrochenen Strahles in einaxigen Krystallen bestimmen zu können. Die Construction ist folgende. Sei si (s. nachfolg. Fig.) der in i auf den doppelbrechenden Krystall fallende



Strahl, ei das Einfallsloth, also eine Ebene durch eis die Einfallsebene, welche die Krystallfläche in der Linie im schneide. Man ziehe durch i die Linie ab in der Richtung der optischen Axe des Krystalles, so daß also ab im Allgemeinen nicht in der Ebene eis liegen wird. Die Länge von ki sei Einheit des Längenmaßes. Bezeichnet man durch n und n' die Brechungsexponenten des gewöhnlichen und

*) Traité de la lumière. Chap. V.

gewöhnlichen gebrochenen Strahles, so wird für negative Krystalle $n' < n$, also $\frac{1}{n'} > \frac{1}{n}$ sein. Man denke sich nun eine Kugel um i beschrieben, deren Halbmesser $ia = \frac{1}{n}$ genommen ist. Ferner ziehe man $cd \perp ab$, mache $ic = id = \frac{1}{n'}$, denke sich ab und cd als Axen einer Ellipse adbc und drehe diese Ellipse um die feste Axe ab herum, so beschreibt sie ein sogenanntes Rotationsellipsoid, welches in unserm Falle (d. h. bei negativen Krystallen) die Kugel umhüllt, da $ic > ia$ ist. (Für positive Krystalle hingegen würde $ic < ia$ werden, da dann $\frac{1}{n'} < \frac{1}{n}$ ist, und das Rotationsellipsoid würde innerhalb der Kugel liegen und diese nur in den Punkten a und b berühren.) Man ziehe nunmehr in der Einfallsebene die Linie $li \perp si$, alsdann $kl \parallel im$ und $lm \parallel si$. Durch den hierdurch bestimmten Punkt m ziehe man in der brechenden Fläche des Krystalls eine auf mi senkrechte Linie pz. Legt man endlich durch pz zwei Ebenen, von denen die eine die Kugel (in g), die andere das Rotationsellipsoid (in u) berührt, so sind die nach den Berührungspunkten g und u von i aus gezogenen Linien die Richtungen der beiden gebrochenen Strahlen und zwar ist ig der gewöhnliche, iu der ungewöhnliche Strahl.

Aus dieser Construction erhellet zugleich, daß der ungewöhnliche Strahl in die Ebene des gewöhnlichen Strahles und des Einfallslothes dann zu liegen kommt, wenn die Richtung ab der optischen Axe in die Einfallsebene eis fällt.

Die wichtigeren natürlichen durchsichtigen Krystalle mit einer optischen Axe sind folgende:

a) positive:

Amethyst (38° 13′) *)	Schwerstein (33° 15′)
Apophyllit (29° 30′)	Zinnstein (46° 22′ und 56° 1′)
Bergkrystall (38° 13′)	Zirkon (47° 53′)

b) negative:

Alaunspath (33° 13′)	Nephelin (61° 53′)
Anatas (21° 48′)	Pyromorphit (Phosphorbleispath) (49° 7′ bis 49° 42′)
Apatit (49° 41′ bis 49° 57′)	Scapolith (58° 6′)
Beryll (60°)	Smaragd (60°)
Bitterspath (Braunspath) (46° 7′)	Talkspath (46° 50′)
Dioptas (58° 35′)	Turmalin (60° 49′ bis 63° 5′)
Dunkler Glimmer	Uranit
Kalkspath (Hauptrhomboëd) (44° 37′)	Vesuvian (Idokras) (52° 55′)
Korund (Saphir, Rubin) (32° 26′)	Zinkspath (Galmei) (47° 1′)
Kupferglimmer (17° 33′)	
Mellit (Honigstein) (43° 27′)	

2) In den doppelt brechenden optisch zweiaxigen Krystallen werden aber die Erscheinungen noch verwickelter, denn es befolgt in ihnen im Allgemeinen keiner der gebrochenen Strahlen die gewöhnlichen Gesetze der Brechung, und es giebt so keinen gewöhnlich gebrochenen Strahl, obschon man die Bezeichnung „gewöhn-

*) Die beistehenden Gradangaben bezeichnen die Winkel der optischen Axe mit den Krystallflächen.

licher und ungewöhnlicher Strahl" auch hier beibehält. Ebenso findet keine einfache Beziehung zwischen der Lage der krystallographischen Axen und den beiden optischen Axen statt, wie bei den optisch einaxigen Krystallen; nur bei den zum rhombischen Systeme gehörigen Krystallen läßt sich überhaupt eine feste Beziehung angeben. Es giebt nämlich in diesen doppelt brechenden Krystallen drei auf einander senkrecht stehende Richtungen (Linien), in Bezug auf welche die optischen Erscheinungen symmetrisch sind, d. h. wenn zwei Strahlen auf entgegengesetzten Seiten einer solchen Linie, aber in gleicher Lage, gegen dieselbe einfallen, so haben auch die beiden Paare gebrochner Strahlen gegenseitig dieselbe Lage gegen diese Linie. Man nennt diese Linien Elasticitätsaxen, weil man in der Undulationstheorie (s. d. Art. Licht) annimmt, daß der Lichtäther in diesen drei Richtungen verschiedene, in jeder Richtung für sich aber gleiche Elasticität besitze. Die beiden optischen Axen*) liegen stets in einer Ebene, welche durch zwei Elasticitätsaxen gelegt ist, und die Linie, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt und Mittellinie heißt, fällt mit einer Elastitätsaxe zusammen. Denkt man sich nun durch je zwei dieser drei Elasticitätsaxen Ebenen gelegt, und nennt diese Ebenen Hauptschnitte, so vereinfacht sich das Gesetz der doppelten Brechung für den Fall, daß die Einfallsebene eines eintretenden Strahles mit einem der Hauptschnitte zusammenfällt. Der eine gebrochne Strahl richtet sich nämlich dann ganz nach den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung, während der andere Strahl bei dem einen Hauptschnitte mehr, bei dem andern weniger, bei dem dritten theils mehr, theils weniger gebrochen erscheint, als jener, aber doch mit ihm ebenfalls in der Ebene des Hauptschnittes liegt. Wenn man durch $\frac{1}{\mu}$, $\frac{1}{\nu}$, $\frac{1}{\pi}$ die constanten Brechungsverhältnisse bezeichnet, welche den drei Hauptschnitten angehören, und es ist $\frac{1}{\mu} > \frac{1}{\nu} > \frac{1}{\pi}$, so ist in den sogenannten positiven Krystallen der Strahl der gewöhnliche, welcher in dem zu $\frac{1}{\pi}$ gehörigen Hauptschnitte die gewöhnlichen Gesetze der Brechung befolgt, während der ungewöhnliche Strahl in dem zu $\frac{1}{\mu}$ gehörigen Hauptschnitte sich nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen richtet. In dem dritten zu $\frac{1}{\nu}$ gehörigen Hauptschnitte giebt es (wenn die brechende Ebene nicht auf einer der Elasticitätsaxen senkrecht steht) zwei bestimmte Einfallswinkel, für welche der gewöhnliche und ungewöhnliche Strahl in eine Richtung zusammenfallen. Diese beiden gemeinsamen Richtungen sind die (scheinbaren optischen Axen oder sogenannten Axen der conischen Brechung (s. d. Art.), deren es zwei giebt (aa' und bb' Fig. c, s. nächstfolgende Anmerkung S. 899), welche in diesem dritten Hauptschnitte gegen die Elasticitätsaxen so liegen, daß letztere die Winkel zwischen den Axen der conischen Brechung halbiren. Mit den Elasticitätsaxen macht eine Axe conischer Brechung einen spitzen und einen stumpfen Winkel; der Strahl nun, welcher im spitzen Winkel die gewöhnlichen Brechungsgesetze befolgt

*) Ueber die Lage und Construction der optischen Axen in zweiaxigen Krystallen sehe man nächstfolgende Anmerkung (S. 899) zu Ende und d. Art. Polarisation.

ist der gewöhnliche, der, welcher sie im stumpfen befolgt, der ungewöhnliche Strahl. Es hat sonach bei den positiven Krystallen der gewöhnliche Strahl das kleinste constante Brechungsverhältniß $\frac{1}{\pi}$ in dem einen, das größte $\frac{1}{\nu}$ in dem andern (dritten) Hauptschnitte, und für jede andere Lage des einfallenden Strahles liegt sein Brechungsverhältniß zwischen $\frac{1}{\pi}$ und $\frac{1}{\nu}$, während das Brechungsverhältniß für den ungewöhnlichen Strahl den kleinsten Werth $\frac{1}{\nu}$ und den größten $\frac{1}{\mu}$ nicht überschreitet. Bei den negativen Krystallen findet überall das Umgekehrte hiervon statt.

Wollte man, auf ähnliche Weise wie bei den einaxigen Krystallen (s. S. 897), für einen gegebenen einfallenden Strahl die Lage der beiden gebrochenen construiren, so müßte man an die Stelle der dort angewendeten Kugel- und Ellipsoidsfläche die sogenannte Wellenfläche*) setzen, so daß ihre Axen in die Richtung der Elasticitätsaxen fielen. Die auf die Huyghen'sche Weise gelegten Berührungsebenen an die zwei Zweige der Wellenfläche sind dann die Endpunkte der beiden gebrochenen Strahlen.

In den Krystallen des tetartoprismatischen, klinorhomboidischen oder triklinometrischen Systems (ein- und eingliedrige Krystalle) giebt es, wie es scheint, keine andere Symmetrie als den Parallellismus der Flächen. In den Krystallen aber, die dem hemiprismatischen, klinorhombischen oder klinometrischen Systeme (zwei- und eingliedrige Krystalle) angehören, existirt immer eine Symmetrie-Ebene, d. i. eine Ebene, in welcher man, wenn man einen völlig ausgebildeten Krystall in ihr durchschneidet, die eine Hälfte des Krystalles in der Schnittfläche um 180° herumdrehen kann, so daß der Krystall die vorige Gestalt genau wieder erhält. In diesen Krystallen scheint die eine Elasticitätsaxe bei jeder Temperatur und auch für alle Farbestrahlen auf jener Symmetrie-Ebene immer senkrecht zu stehen, während die beiden andern in der Symmetrie-Ebene nach der Farbe des Strahles und der Temperatur ihre Lage ändern, und folglich mit ihnen auch die optischen Axen.

Ueberhaupt haben die optischen Axen für verschiedenfarbige Strahlen bei fast allen zweiaxigen Krystallen nicht dieselbe Richtung, was besonders auffällig ist, z. B. beim Rochellersalz, in welchem dieselben für rothe Strahlen einen Winkel von 76°, für violette nur von 56° machen. Bei andern Krystallen, z. B. dem Salpeter, ist der Winkel der rothen Axen kleiner als der der blauen. Im rhombischen Krystallen-Systeme nun liegen die Axenpaare der verschiedenfarbigen Strah-

---

*) Anmerkg. Die Wellenfläche ist diejenige krumme Oberfläche, bis zu welcher das von einem Punkte im Krystalle nach allen Seiten sich verbreitende Licht gleichzeitig gelangt. Jeder Krystall hat seine besondere Wellenfläche, da sich das Licht in verschiedenen Mitteln mit verschiedener Geschwindigkeit bewegt. In den doppelt brechenden Krystallen ist nun diese Geschwindigkeit nicht nur nach verschiedenen Richtungen, sondern sogar in einer und derselben Richtung verschieden. Die Wellenfläche für diese Krystalle bekommt daher eine complicirte Gestalt; ihre allgemeine Gleichung (bezogen auf die Elasticitätsaxen) ist:

$$\frac{\mu^2x^2}{r^2-\mu^2}+\frac{\nu^2y^2}{r^2-\nu^2}+\frac{\pi^2z^2}{r^2-\pi^2}=0, \quad \text{wo } r^2=x^2+y^2+z^2$$

oder $(r^2-\nu^2)(r^2-\pi^2)\mu^2x^2+(r^2-\mu^2)(r^2-\pi^2)\nu^2y^2+(r^2-\mu^2)(r^2-\nu^2)\pi^2z^2=0$

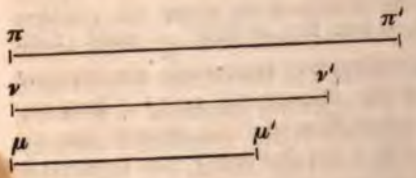
und es sind μ, ν, π so zu bestimmen, daß $\frac{1}{\mu}$, $\frac{1}{\nu}$, $\frac{1}{\pi}$ beziehlich die constanten Brechungsver-

len immer in einer festen Ebene und zwar so
Lage hat; bei den Krystallen hingegen, wel

---

hältnisse für die drei durch die Elasticitätsaxen
men, daß $\pi > \nu > \mu$.

Die Durchschnittsfiguren der Wellenfläche
Fig. a, b, c dargestellt, und bestehen jedesmal a



aus der Gleichung der Wellenfläche folgt, w
deren Durchmesser $\overline{\pi\pi'} = 2\pi$. $\overline{\mu\mu'} = 2\mu$,

Die früher (S. 896) angegebene Const
ist nichts als ein specieller Fall dieser Constru
axige Krystalle hat man entweder $\nu = \pi$ od
fläche übergeht in:

$$(r^2-\pi^2)\ \{\mu^2x^2 + \pi^2(y^2 + z^2$$
$$(r^2-\mu^2)\ \{\pi^2x^2 + \mu^2(y^2 + z^2$$

d. h. jedesmal eine Kugel verbunden mit ein
Ebenso hat man bei einfach brechende
wird, d. h. die Wellenfläche in eine Kugel ü

In dem zu dem constanten Brechungsv

kohlensaures Natron 2n = 70° 1′
Salpeter 2n = 5° 20′
Strontianit 2n = 6° 56′
Talk 2n = 7° 24′
Weißbleierz 2n = 5° 15′
Zinkvitriol 2n = 44° 28′

2) künstliche Krystalle.

a) positive:

Benzoësaur. Ammoniak 2n = 45° 8′ = 48° 8′ (Marx)
schwefelsaur. Ammoniak-Magnesia 2n = 51° 22′
(künstlicher) Borax 2n = 28° 42′
Citronensäure 2n = 70° 29′
blausaur. Kali 2n = 19° 24′ = 19° 34′ (Marx)
schwefelsaur. Kali 2n = 67°
schwefelsaur. Nickel 2n = 42° 4′
salpetersaur. Silber 2n = 62° 16′

b) negative:

kohlensaur. Ammoniak 2n = 43° 24′
Barythydrat 2n = 13° 18′
Bernsteinsäure 2n nahe = 90°
essigsaur. Blei 2n = 70° 25′
salzsaur. Kupfer 2n = 84° 30′
salzschwefels. Magnesia-Eisen 2n = 51° 16′
Rochellersalz 2n = 71° 20′ (für violett 56°, für roth 76°)
Weinsteinsäure 2n = 79°
Zucker 2n = 50°

Ferner fand man:

schwefelsaur. Ammoniak 2n = 49° 42′ (Marx)
Kali, chlorsaures 2n = 82°
" kohlensaures 2n = 80° 30′
schwefels. Magnesia-Natron 2n = 46° 49′
Natron, phosphorsaures 2n = 55° 20′
" unterschwefels. 2n = 89° 20′
salpetersaures Zink 2n nahe = 40°

Zuweilen findet noch eine größere Vervielfältigung der Bilder bei doppelt brechendem Krystalle statt, welches, wie Marx dargethan hat, von feinen Sprüngen im Krystalle herkommt. Er konnte nämlich bei Krystallen von salpetersaurem Natron, dessen Doppelbrechung noch stärker als die des Kalkspathes ist, willkürlich eine Vervielfältigung der Bilder bewirken, wenn er in einem klaren Krystalle, parallel der stumpfen Kante, mit einem glühend heißen Messer einsetzte, wodurch der Krystall einen leichten Sprung bekam. Dasselbe gelang ihm auch an ganz reinen und gleichförmig durchflichtigen Stücken vom Doppelspathe. Bisweilen ist auch ein Krystall von Schichten einer fremden durchflichtigen Substanz oder derselben Substanz aber mit anders liegender Axe durchschossen, und es werden dadurch die Bilder vervielfältigt oder es verschwindet in gewissen Fällen scheinbar eines der Bilder. Beim Achat, der von einer sehr großen Zahl dünner Lamellen durchzogen ist, die man leicht mit einer Lupe wahrnehmen kann, erblickt man statt des ungewöhnlichen Bildes (z. B. einer Lichtflamme) einen Lichtnebel, welcher das gewöhnliche Bild umgiebt.

Sehr merkwürdig ist, daß sich durch schnelles Abkühlen stark erhitzten Glases wie Seebeck entdeckt hat, auch dem Glase die Eigenschaft doppelt brechender Krystalle mittheilen läßt. Auch durch starken Druck erhält das Glas die Eigenschaft doppelt zu brechen, welches Fresnel *) in folgender Art gezeigt hat.

Da sich wohl voraussehen ließ, daß ein Prisma bei sehr geringer Ablenkung

*) J. de Par. 1822 Octbr. p. 314.

beider Strahlen von einander nicht hinreichen würde, um ein doppeltes Bild zu zeigen, so legte Fresnel vier Prismen, deren brechender Winkel ein rechter war, so neben einander, daß die brechenden Winkel nach einer Seite lagen, und die parallelen Kanten der neben einander liegenden Grundflächen sich berührten. Diese vier Prismen waren so zwischen einen eisernen Schraubstock gelegt, daß sie dadurch der Länge nach zusammengepreßt werden konnten. Um diese Prismen zu achromatisiren, oder jede hier nicht zum Zweck gehörende Brechung aufzuheben, wurden die Zwischenräume zwischen diesen Prismen durch völlig gleiche, umgekehrt liegende Prismen ausgefüllt, und an den Enden Prismen von 45 Grad angelegt, um ein rechtwinkeliges Parallelepipedum zu bilden, wodurch das Licht geradlinig fortgehen würde, wenn alle in ihrer natürlichen Beschaffenheit blieben. Um die Reflexionen in den Oberflächen zu hindern, war zwischen den Flächen Terpentin aufgestrichen. Nachdem alles so vorgerichtet war, wurden die ersten vier Prismen stark zusammengepreßt, während die etwas kürzeren, zur Ausfüllung und Achromatisirung bestimmten, diesen Druck nicht litten, und es ließ sich nun voraussehen, daß die kleine Abweichung der beiden Strahlenbüschel von einander, die etwa im ersten Prisma entstehen möchte, sich im zweiten, dritten, vierten vermehren müsse; und wirklich zeigten sich bei starker Compression zwei deutlich von einander entfernte Bilder, wie es hier, wo der Strahl senkrecht auf die Richtung der Compression, welche zugleich die Axe doppelter Brechung ist, durchging, der Fall sein mußte.

Die Erscheinungen doppelter Strahlenbrechung hängen innig zusammen mit denen der Polarisirung des Lichtes (s. d. Art.).

Brechung, conische (v. conus, Kegel), ist eine interessante Erscheinung der Strahlenbrechung in zweiaxigen Krystallen, die von Hamilton durch theoretische Betrachtungen entdeckt und dann von Lloyd *) in der Erfahrung nachgewiesen wurde. Die Erscheinung ist eine doppelte, nach Hamilton äußere und innere conische Refraction genannt. Erstere entsteht, wenn man einen Lichtstrahl durch einen zweiaxigen Krystall in der Richtung einer der sogenannten Axen der conischen Brechung (aa' Fig. c, s. S. 900) gehen läßt, wo sich dann derselbe bei seinem Austritt in eine unendliche Menge zerbrochener Strahlen zertheilt, welche zusammen eine Kegeloberfläche bilden. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich aber auch im Innern des Krystalles, wenn man nämlich einen Lichtstrahl auf den Krystall in der Richtung einer der optischen Axen (aa') desselben fallen läßt, und dies ist die innere conische Refraction.'

Lloyd erwies die Richtigkeit der Rechnung Hamilton's an einem Aragonitkrystalle. Er concentrirte das Licht einer entfernt stehenden Lampe durch eine Linse von kurzer Brennweite auf einen Punkt der Oberfläche des Krystalles, und erhielt auf derselben einen intensiv leuchtenden Punkt, von welchem aus nach verschiedenen Richtungen Strahlen durch den Krystall gingen. Um aber nur den in der Richtung der Axe conischer Brechung liegenden Strahl zu bekommen, mußte er die entgegengesetzte parallele Fläche des Krystalles, an welcher die Strahlen austraten, mit einer dünnen Metallplatte bedecken, und in dieser eine sehr kleine Oeffnung so anbringen, daß ein vom Leuchtpunkte zu ihr gelangender Strahl die verlangte Lage hatte. In der That erblickte er durch die Oeffnung hindurchsehend einen hellen Ring, der sich auch äußerlich auf einer entgegengehaltenen Tafel dar-

*) Pogg. Ann. Bd. XXVIII.

stellte und seinen Durchmesser mit der Entfer
größerte, daher offenbar von Strahlen herrühr
Der Winkel, unter welchem die Strahlen des
trägt beim Aragonit ungefähr 3°.

Zur Darstellung der innern conischen
möglichst feinen Lichtstrahl zu erhalten, das
Oeffnungen, von denen eine in einem dicht vor
gebracht war, die andere in einer dünnen Meta
eines gegen die Halbirungslinie des Winkels
tenen Aragonits befestigt war. Er gab nun
lenden Strahle eine solche Richtung, daß er na
so entstand wirklich im Krystall ein Strahlenke
die Lupe deutlich ein Lichtkreis unmittelbar
zeigte sich auch ein weißer Kreis auf einem Sc
ser aber nicht mit der Entfernung vom K
Strahlen in diesem Falle alle parallel der
nur dann, wenn die Austrittsfläche der Eintri
werden, und folglich einen Strahlencylinder b

Breite (astronomische) und Läng
siderum, franz. latitude des astres, engl. lati
tik bezogenen rechtwinkeligen Coordinaten, du
der Himmelskugel ebenso, wie durch Abweich
(s. d. Art.) bestimmt werden kann. Ein d

von 0° bis 90° gezählt, so daß ein in der E
ein im Pole E befindliches aber 90° Breite
den in Graden, Minuten u. s. w. ausgedr
der zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpu
Sternes enthalten ist. Diese Länge nun
von 0° Widder, von Westen nach Osten in
Die Alten drückten aber die Länge durch ei
Zeichen hat 30 Grade) nebst den zugehöri
die Länge von drei Zeichen 14° 7′ gleich de
Vorrückens der Nachtgleichen (s. d. Art
derte die Längen der Fixsterne beständig, ob
ten ungeändert bleiben. Dagegen ändern

wo log e = 8,9122052 und e^2 = 0,006674372 ist (s. Bessel in Schumacher's Astron. Nachr. Nr. 438).

Die Länge eines Ortes auf der Erde ist der Bogen des Aequators zwischen dem Durchschnittspunkte desselben mit dem ersten Meridiane und dem Durchschnittspunkte desselben mit dem Meridiane des Ortes. Indem der Aequator wie jeder Kreis in 360 Grade u. s. f. getheilt wird, so befindet sich der Nullpunkt dieser Eintheilung, d. h. der Punkt, von dem ab die Grade, Minuten u. s. f. gezählt werden, an der Stelle, wo der erste Meridian den Aequator schneidet. Man zählt von diesem Punkte ab, entweder fort bis zu 360° oder, und dies ist das gewöhnliche, nach jeder Seite bis auf 180°. Die Längenangaben geschehen daher immer in Graden, Minuten u. s. f. und erfordern überdies noch eine Angabe, ob die Grade westlich oder östlich vom Nullpunkte gezählt sind, und endlich noch muß bestimmt sein, welcher als der erste Meridian angenommen worden. (S. d. Art. Meridian.)

In Verbindung mit der geographischen Breite giebt die geographische Länge genau die geographische Lage eines Ortes der Erde an. (Vergl. d. Art. Erde.)

Wenn zwei Orte unter demselben Meridiane liegen, so haben sie natürlich dieselbe geogr. Länge; liegen aber zwei Orte unter verschiedenen Meridianen, so heißt der Unterschied ihrer Längenangaben ihre Meridiandifferenz.

Ueber die Art der Beobachtung und Berechnung der Meridiandifferenz zweier Ort s. d. Art. Meridian.

Brennglas, Brennlinse (lat. vitrum ustorium s. causticum, lens caustica; franz. verre ardent; engl. burningglas) heißt jedes Converglas, weil es die Sonnenstrahlen im Brennpunkte (s. d. Art.) vereinigt und hierdurch Hitze erzeugt, so daß ein in den Brennpunkt gehaltener entzündlicher Gegenstand nach längerer oder kürzerer Zeit zu brennen beginnt. Das Brennglas scheint — zufolge einer Stelle in den „Wolken" des Aristophanes *) — den Alten schon bekannt gewesen zu sein; Plinius **) und Lactantius ***) erwähnen die gläsernen oder mit Wasser gefüllten Kugeln. Häufiger werden die Brennlinsen erst im Mittelalter erwähnt. Bedeutende Wirkungen hatte aber erst Tschirnhausen †) zu Ende des 17. Jahrhunders erzielt; er machte Brenngläser von 33 Zoll Durchmesser und 7 Fuß Brennweite. Dieselben schmolzen Metall, verwandelten einige Metalle sogar bei längerer Einwirkung der Hitze des Brennglases in Dampf, verbrannten nasses Holz, und Steine wurden glühend. Auch Cadet, Brisson, Macquer und Lavoisier haben Versuche mit großen Brenngläsern angestellt. Um größere Durchsichtigkeit zu erlangen, als bei den aus dickem Glase verfertigten Tschirnhausen'schen Brenngläsern möglich war, ließ Trudaine ††) zwei Gläser, die 4 F. Durchmesser hatten und Abschnitte von Kugeln waren, deren Halbmesser 8 F. betrug, zusammensetzen, und den Raum zwischen beiden Gläsern mit Terpentinöl füllen. Die größte Dicke des Zwischenraumes betrug $5\frac{1}{2}$ Zoll. Da

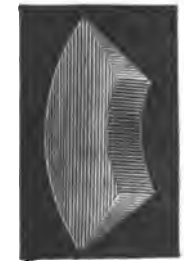
*) V. 760.
**) Histor. natur. L. 36. c. 26. L. 37. c. 2.
***) De ira Dei c. 10.
†) Acta Erud. Lips. 1691. p. 52. 1697. p. 414.
††) Mém. de Paris 1774. p. 62.

der großen Brennweite dieses Instrumentes von mehr als 10 Fuß konnte man deutlich die verschiedene Lage des Brennpunktes für die verschiedenen Farbenstrahlen (s. d. Art. Brechbarkeit) bemerken, woraus sich dann ergab, daß die größte Hitze nahe an den Vereinigungspunkt der gelben Strahlen fiel.

Mit diesem Brennglase wurden in einer halben Minute Kupfermünzen geschmolzen. Noch erhöht wurde die Wirkung durch eine Sammellinse, welche $8^1/_2$ Z. Durchmesser und 1 F. 10 Z. 8 Lin. Brennweite hatte. Nun hatte der Brennraum nur 8 Linien Durchmesser, in dem Eisen auf einer Kohle fast sogleich schmolz; das Eisen gab einen brennenden Rauch von sich, der unten als wahre Flamme erschien, und verwandelte sich endlich in verglaste Schlacke. Platin kam zwar nicht ganz zum Flusse, rauchte aber und vereinigte sich in eine Masse. Die Anwendung von Sammellinsen zu Erhöhung der Wirksamkeit von Brenngläsern hatte schon Tschirnhausen gemacht und empfohlen. Besonders stark zeigt sich die Wirkung der Hitze auf Körper, welche auf Holzkohle liegen, wozu anfangs die Schwärze, später das Brennen derselben beitragen mag. Durchsichtige Körper werden hingegen weniger erhitzt, weil sie die Strahlen durchlassen. Gar keine Wärme giebt das mit Brenngläsern gesammelte Licht des Mondes. In Paris giebt es ein Brennglas, welches alle früheren noch an Wirksamkeit übertrifft. Es hat einen Durchmesser von 3 Fuß und nur einen Brennraum von 4 Lin. im Durchmesser, und soll Platin schmelzen und Diamanten verbrennen. Große Brennlinsen trifft man z. B. im mathematischen Salon in Dresden an.

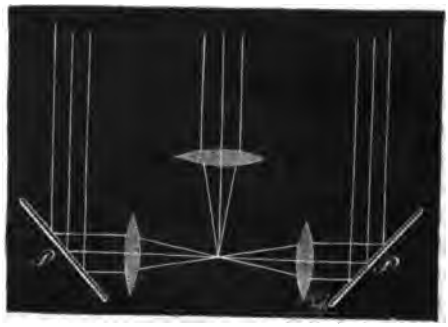
Das Gießen und Schleifen sehr großer Linsen hat viele Schwierigkeiten, und die dicken Glasmassen hindern den Durchgang der Strahlen ungemein. Deswegen schlug schon Buffon vor, die Gläser zonenweise aus einem Stücke schleifen. Dagegen giebt Brewster den Rath, dieselben aus mehreren Stücken zusammen zu setzen. Ein solches Brennglas stellt Fig. I. im Durchschnitte durch die Axe AB vor, Fig. II. von vorn gesehen. Das ganze Brennglas hat einen Durchmesser von 4 Fuß.

I. II. III.



Die mittlere Linse Nr. 1. hält 18 Zoll Durchmesser und ist von Flintglas. Sie wird von der Zone CD, die aus vier zusammengekitteten Segmenten A besteht, umschlossen; daran schließt sich die aus acht Segmenten zusammengesetzte Zone AB an. Fig. III. zeigt ein solches Segment. Brewster führt folgende Vorzüge dieser zusammengesetzten Gläser an. 1) Man bedarf nicht so großer, ganz einer Glasmassen, kann also aus einem großen Glasstücke den Theil, der recht rein ist, wählen. 2) Eine zufällige Beschädigung zerstört nicht sogleich das ganze Glas und

iſt eher durch ein neues Segment zu erſetzen. 3) Die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt kann größtentheils gehoben werden, weil man den Zonen eine ſolche Lage geben kann, daß ihre Brennpunkte nahe bei dem Brennpunkte der Mittellinſe zuſammentreffen. 4) Man kann dieſe Linſen nach und nach theilweiſe zu Stande bringen, und ſie ſchon gebrauchen, wenn auch noch nicht alle Stücke fertig ſind. 5) Will man ſich zum Schleifen der Segmente kleinerer Schalen bedienen, ſo kann man jedes einzeln bearbeiten. 6) Wenn die Segmente nicht alle gleiche Brennweite haben, ſo iſt es leicht, ſie in den gehörigen Abſtänden vom Brennpunkte zu befeſtigen. Eine ſolche Zonenlinſe würde nach Brewſter's Meinung eben nicht über 300 Pfd. Sterling koſten, wenn ihr Durchmeſſer 6 Fuß betrüge. Um einen größern Hitzegrad zu erlangen, pflegt man auch mehrere Linſen ſo zu vereinigen, daß ihre Brennpunkte zuſammenfallen. Einen ſolchen Apparat ſtellt nebenſtehende Fig. dar. Um den ſeitwärts ſtehenden Linſen das Licht in der erforderlichen Richtung zukommen zu laſſen, ſind Planſpiegel in P und P aufgeſtellt, welche das Licht nach den Linſen zu werfen. Brewſter nennt einen ſolchen Apparat, der aus einer noch größeren Anzahl ſolcher unter einander gleichen Linſen zuſammengeſetzt iſt, die in einer Kugeloberfläche neben einander geordnet ſind, eine Brennkugel (engl. burning-sphere). Der Mittelpunkt der Kugel iſt der Punkt, in dem ſich die Brennpunkte ſämmtlicher Linſen vereinigen. Die Brennkugel iſt einem großen Brennglaſe an Wirkſamkeit gleich, und demſelben noch vorzuziehen, weil kleinere Linſen leichter herzuſtellen ſind, auch leichter zu ihnen gutes Glas ſich findet, als zu einem großen Brennglaſe.



Eine nützliche Anwendung von nach Buffon's Vorſchlage gefertigten Brenngläſern hat Fresnel *) vorgeſchlagen und Becquey ſie zu Verſtärkung des Lichtes auf Leuchtthürmen ausführen laſſen. Brandes beſchreibt dieſe neue Einrichtung der Leuchtthürme wie folgt: Aus linſenförmig geſchliffenen Gläſern werden quadratiſche Stücke von 27½ Zoll Seite geſchnitten, und acht ſolcher Brenngläſer zu einem achteckigen geraden Prisma verbunden. Der 34 Zoll entfernte Brennpunkt aller acht Linſen fällt in einen einzigen Punkt, und hier befindet ſich eine hellbrennende Lampe, deren Strahlen, weil ſie vom Brennpunkte ausgehen, durch eine Linſe parallel gebrochen und ſo ungeſchwächt auf große Fernen ſichtbar werden. Wenn die Lampe nur ein einziger leuchtender Punkt wäre, und die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt und der Farbenzerſtreuung nicht einwirkte, ſo würden dieſe Strahlen ganz allein nach den acht, auf die Seitenflächen des Prisma's ſenkrechten Richtungen fortgehen, und zwiſchen dieſen Richtungen würde man kein Licht erblicken; aber die Größe der Lampe bewirkt, daß das Licht ſich in einem Kegel, deſſen Winkel an der Spitze 7 Grad iſt, ausbreitet. Damit nun aber die

*) Bulletin des sciences pour la soc. philos. ann. 1822. p. 122.

unkeln Zwischenräume minder breit werden, bilden andere acht Linsengläser oberhalb der vorigen eine abgekürzte Pyramide, deren Seiten gegen einen Theil jener unkeln Zwischenräume gewandt sind; diese bringen ebenso parallele Strahlen hervor, die durch Spiegel in horizontaler Richtung zurückgeworfen werden. Durch dieses Hülfsmittel erhält man, obgleich das Licht der letztern acht Gläser schwächer als das der erstern ist, eine solche Ausbreitung der erleuchteten Gegend, daß die unkeln Zwischenräume nur doppelt so viel als die erleuchteten Räume betragen, wenigstens wenn die Entfernung nicht über hunderttausend Fuß beträgt. Damit aber das Leuchten der Lampe nicht auf gewisse Gegenden beschränkt sei, hat die ganze Verbindung von Gläsern eine drehende Bewegung um eine durch den Mittelpunkt gehende verticale Axe, und man sieht daher in der Ferne bald ein schwaches durch die obern Gläser hervorgebrachtes, bald ein starkes durch die Hauptgläser bewirktes Licht, welchem eine kurze Dunkelheit folgt, und dann sich die vorige Erscheinung erneuert. Dieser Wechsel dient zugleich, um dieses Licht von andern Lichtern zu unterscheiden, und den Schiffer zu überzeugen, daß er wirklich einen Leuchtthurm erblickt. Man hat diese Linsen, theils um sie minder schwer zu machen, theils um ihre Durchsichtigkeit zu vermehren, aus Zonen zusammengesetzt, und Fresnel scheint hierbei noch nicht Brewster's, sondern nur Buffon's Vorschlag gekannt zu haben. Die Wirkung einer sehr hell brennenden Lampe ist durch eine solche Linse so groß, daß man sie in 17 Lieues Entfernung am Tage mit dem Fernrohre sehen konnte, und sie Abends, eine Stunde nach Sonnenuntergang, mit bloßem Auge eben so hell sah, wie einen nur 5 Lieues entfernten englischen Feuerthurm.

Brennkugel, s. Brennglas.

Brennlinie (lat. linea caustica; franz. courbe caustique; engl. caustic line) heißt eine leuchtende Linie, welche sich zeigt, wenn bei durchgehendem oder zurückgeworfenem Lichte nicht alle Strahlen in einen Punkt (Brennpunkt), sondern nur immer die nahe bei einander liegenden Strahlen vereinigt werden. Die Punkte, in denen sich Strahlen schneiden, leuchten heller, und alle diese Punkte zusammengenommen geben die Brennlinie. Man kann die Brennlinie häufig bemerken, z. B. wenn die Sonne in eine mit Milch fast gefüllte Tasse scheint. Dann sieht man auf der Milch die Brennlinie, welche gebildet wird von den Durchschnittspunkten der Strahlen, die von der inneren glatten Fläche der Tasse zurückgeworfen werden. Bei durchsichtigen Körpern, welche die Strahlen nicht in einen Brennpunkt vereinigen, erscheinen ebenfalls Brennlinien (s. d. Art. Abweichung, optische). — Man unterscheidet deswegen katakaustische (v. d. griech. *katá*, wider und *kaíō*, brennen) und diakaustische (v. d. griech. *diá*, durch und *kaíō*) Linien. — Die Brennlinien sind daher meistens Curven von doppelter Krümmung und die mathematischen Betrachtungen derselben rein analytisch *).

Brennlinse, s. Brennglas.

Brennpunkt (lat. focus, d. h. Herd; franz. foyer; engl. focus) heißt derjenige Punkt bei Hohlspiegeln und Linsen, in welchen dieselben die von einem Gegenstande parallel mit der Axe auf sie fallenden Strahlen vereinigen und so das Bild des Gegenstandes darstellen. Ist der Gegenstand, von dem die Strahlen ausgehen, zugleich ein Wärme ausstrahlender, so wird in dem Brennpunkte zugleich

*) Vergl. Brandes, höhere Geometrie. I. Theil, §. 467 und 487. Theil II. §. 205.

Hitze hervorgebracht. Bei Linsengläsern ist der Brennpunkt nie ein wirklich mathematischer Punkt, indem sowohl durch die Abweichung wegen der Kugelgestalt, als auch besonders durch die ungleiche Brechbarkeit (s. d. Art.) der Farbenstrahlen kein eigentlicher Brennpunkt, sondern nur ein Brennraum hervorgebracht wird. Hier ist streng genommen der Brennpunkt nur der Punkt des Brennraumes, in dem sich diejenigen Strahlen vereinigen, welche sehr nahe bei der Axe parallel mit derselben einfallen. — Bei paraboloischen Spiegeln vereinigen sich auch die entfernt von der Axe parallel mit derselben einfallenden Strahlen in einen Punkt, daher diese Spiegel in der That einen Brennpunkt haben. Die Auffindung desselben bei den verschiedenen Spiegeln und Linsengläsern, s. unt. d. Art. Brennweite. Man unterscheidet wirkliche Brennpunkte (lat. foci physici s. actuales), von denen eben gesprochen worden, und eingebildete Brennpunkte (lat. foci geometrici s. virtuales) oder Zerstreuungspunkte. Bei convexen Kugelspiegeln nämlich werden die Strahlen so zurückgeworfen und bei concaven Gläsern so gebrochen, daß es den Anschein hat, als gingen sie von einem Punkte aus, der nahe hinter der Oberfläche des Spiegels oder nahe vor dem Glase liegt. Diesen Punkt findet man, wenn man sich die zurückgeworfenen oder gebrochenen Strahlen rückwärts verlängert denkt. Ein eingebildeter heißt ein solcher Brennpunkt, weil in der That in ihm keine Vereinigung der Strahlen stattfindet. S. d. Art. Linsenglas, Brennspiegel.

Brennraum, s. Brennpunkt.

Brennspiegel (lat. speculum ustorium s. causticum; franz. miroir ardent; engl. burning speculum) sind Hohlspiegel (s. d. Art. Spiegel), welche die parallel mit der Axe einfallenden Sonnenstrahlen im Brennpunkte oder nahe um denselben herum vereinigen, und dadurch starke Hitze und Entzündung bewirken. Die Kraft eines Brennspiegels ist desto größer, je mehr Flächeninhalt und eine je kürzere Brennweite er hat. Beim sphärischen Hohlspiegel vereinigen sich nie alle Strahlen genau in einem Punkte, sondern nur die, welche nahe bei der Axe einfallen; beim paraboloischen Hohlspiegel dagegen findet eine Vereinigung aller parallel mit der Axe einfallenden Strahlen statt. Bei den Brennspiegeln findet nicht wie bei Brenngläsern Brechung und dadurch Schwächung des Lichtes statt, daher wirken jene im Allgemeinen kräftiger als diese. Die Spiegel aber haben wieder den Nachtheil, daß bei der vortheilhaftesten Stellung gegen die Sonne, wo die Strahlen parallel mit der Axe einfallen, der Brennpunkt zwischen dem Spiegel und der Sonne liegt, und sind daher weniger bequem zu gebrauchen als die Brenngläser.

Schon bei den Alten wird der Brennspiegel Erwähnung gethan *). Es soll (nach Tzetzes' Erzählung) der berühmte Mathematiker Archimedes die Schiffe der Römer, als sie seine Vaterstadt Syrakus belagerten, durch Brennspiegel in Brand gesteckt, und im Jahre 514 n. Chr. Geb. Proclus dasselbe gegen die Flotte des Vitalianus vor Constantinopel gethan haben. Die Brennweite welche Archimedes Spiegel hätten haben müssen, müßte jedoch sehr bedeutend gewesen sein; so daß es unmöglich erscheint, daß sich Archimedes ähnlicher Hohlspiegel, wie sie jetzt gewöhnlich und oben beschrieben sind, bedient habe. Die Rö-

*) Vergl. van Chavelle's Untersuchungen über Archimedes' Brennspiegel in Gilb. Ann. Bd. LIII. S. 242.

lichkeit der Sache ist jedoch durch Kircher und Buffon dargethan, weil man nämlich auch mittelst ebener Spiegel Brennspiegel herstellen kann. Buffon*) verband 168 ebene Spiegel, von denen jeder 6 Zoll hoch und 8 Zoll breit war, durch Charniere mit einander, und stellte dieselben nun so, daß alle oder eine große Menge derselben das Bild der Sonne auf einen Punkt hin warfen. So gelang es ihm, in Entfernungen von 20 Fuß, 30 Fuß, 150 Fuß große Hitze hervorzubringen. Unter andern entzündete er mit 40 Spiegeln auf 50 Fuß Entfernung ein getheertes tannenes Bret; mit 117 Spiegeln schmolz er Silber, und entzündete mit 128 Spiegeln auf 150 Fuß Entfernung ein getheertes tannenes Bret. Zugleich zeigte sich, daß man noch hinreichende Wirksamkeit erhielt, wenn auch der Brennpunkt nicht zwischen die Spiegel und die Sonne, sondern etwas seitwärts fiel.

Die durch Brennspiegel hervorgebrachte Hitze ist außerordentlich. Vilette**) brachte mittelst eines Hohlspiegels von 30 Zoll Durchmesser und 3 Fuß Brennweite die schwerflüssigsten Metalle zum Schmelzen, und verglasete Erden, Steine, Schmelztiegel. Tschirnhausen***) besaß einen Brennspiegel, den er aus einer Kupferplatte hatte arbeiten lassen,. und der 6 Fuß Durchmesser und 4 Fuß Brennweite hatte. Dieser entzündete Holz, schmolz Silber u. s. w. Große Brennspiegel trifft man z. B. im mathematischen Salon in Dresden an. Ueber die in neuerer Zeit gemachte wichtige Anwendung der Brennspiegel bei Leuchtthürmen s. den Art. Hohlspiegel.

Brennweite (lat. distantia foci; franz. distance du foyer; engl. focal distance) heißt die Entfernung des Brennpunktes eines Linsenglases oder Hohlspiegels von der Mitte des Glases oder des Spiegels. Beim parabolischen Spiegel liegt der Brennpunkt im Brennpunkte der Parabel, durch deren Umdrehung man den Hohlspiegel entstanden denken kann. Beim sphärischen Hohlspiegel ist die Brennweite gleich der Hälfte des Halbmessers der Kugel, von deren Fläche der Spiegel ein Abschnitt ist. Indem wir wegen der allgemeinen Betrachtung der Brennweiten für verschiedene Linsengläser auf den Art. Linsengläser verweisen, wollen wir hier nur einige besondere Fälle erwähnen, und hierbei die Gläser ohne merkliche Dicke voraussetzen. Sei für Glas, wie gewöhnlich, der Brechungsexponent $3:2 = 1{,}5$, r der Halbmesser einer auf beiden Seiten kugelförmig geschliffenen Linse, und r′ der Halbmesser der Kugel, von deren Fläche die zweite Oberfläche der Linse ein Abschnitt ist; so giebt die Formel $= \frac{2rr'}{r+r'}$ die Brennweite der biconvexen Linse, d. h. die Brennweite ist bei einer solchen Linse gleich dem doppelten Producte aus den Halbmessern der Kugeln, von deren Flächen ihre Oberflächen Abschnitte sind, dividirt durch die Summe jener beiden Halbmesser. Sei nun aber allgemein $m:n$ das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, so ist die Brennweite $= \frac{nrr'}{(m-n)(r+r')}$. — Sind die Oberflächen einer biconvexen Linse Theile derselben Kugelfläche, d. h. entspricht beiden derselbe Halbmesser, so wird in der gegebenen Formel $r = r'$,

*) Mém. de Paris. 1747. p. 83. 1748. p. 305.
**) Montucla hist. des math. II. p. 513. — Philos. transact. 1665. p. 95.
***) Acta erudit. Lips. 1687. p. 52.

und es ergiebt sich die Brennweite $= \frac{nr}{2(m-n)}$. Ist aber bei einer Linse nur die eine Oberfläche ein Theil einer Kugelfläche, deren Halbmesser $= r$ sei, die andere eben, so ist die Brennweite $= \frac{nr}{m-n}$. Beim Meniscus sei r' der Halbmesser der erhabenen Fläche, r der Halbmesser der hohlen Fläche, so ist die Brennweite $= \frac{nrr'}{(m-n)(r-r')}$. Bei concaven und concavconveren Gläsern, wo der Halbmesser der convexen Fläche größer ist, als der Halbmesser der concaven Fläche, giebt es keinen Brennpunkt, sondern nur einen Zerstreuungspunkt. — Diese Formeln gelten nicht für die Kugel, deren allgemeine Formel Brennweite $= (n - \frac{1}{2}m)r$ und wo r der Halbmesser der Kugel, $m:n$ = dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels ist. — Man findet die Brennweite ohne Berechnung durch Beobachtung, wenn man die Sonnenstrahlen parallel mit der Axe einfallen läßt und nun die Stelle sucht, wo sich das Sonnenbild am reinsten und hellsten auf einer senkrecht gegen die Axe gehaltenen Ebene zeigt.

Brillen (lat. perspicilla; franz. lunettes oder besicles; engl. spectacles) sind die bekannten aus einem Gestelle und zwei Gläsern bestehenden Werkzeuge, welche dienen, bei einer fehlerhaften Beschaffenheit der Augen, welche das deutliche Sehen hindert, dieses herzustellen.

Als Erfinder wird Alexander de Sina, der 1313 zu Pisa starb, angegeben, der bei einem andern eine Brille sah, und als dieser ihm nähere Mittheilungen verweigerte, selbst eine solche verfertigte.

Das gewöhnlichste Material, dessen man sich zur Verfertigung der Brillen bedient, ist das englische Kronglas und das weiße Tafelglas; bei weitem besser aber ist das Flintglas, zwar theurer, aber auch viel härter und reiner, und verdient daher zur Anfertigung einfacher Gläser unbedingt den Vorzug, besonders solcher Gläser, die für Kurzsichtige bestimmt sind. Das schönste Material aber, dessen man sich zur Anfertigung einfacher Gläser bedienen kann, ist der sogenannte brasilianische Kiesel oder Bergkrystall, dessen Vorzug hauptsächlich darin besteht, daß er außerordentlich rein ist, daher die Augen am wenigsten reizt und ermüdet, daß er nicht so leicht zerbricht, durch keinen Stoff, der weicher als ein Diamant ist, geritzt, und so ohne Futteral in der Tasche getragen werden kann, welches besonders für Reisende und kurzsichtige Personen von großem Vortheil ist. Dagegen muß freilich erinnert werden, daß dergleichen Brillengläser die theuersten von allen sind, indem ein Paar der besten Krystalle 8 bis 12 Thlr. kostet. In der Wahl der Brillengläser muß man vorsichtig sein, da sie sehr häufig, besonders die der herumziehenden Brillenhändler, mancherlei Mängel, wie Adern, Flecken, Schrammen, Bläschen u. s. w. haben. Um Adern in einem convexen Glase, welche das Sehen unvollkommen machen, indem sie die Gegenstände verrücken und entstellen, zu entdecken, stelle man ein Licht 13 bis 16 Fuß von sich; dann sehe man durch das Glas, entferne es vom Auge, bis man es voller Licht findet, und man wird deutlich jede Ader in demselben sehen. Flecken und Schrammen sind nicht so schädlich als Adern, weil sie nicht den Gegenstand entstellen, sondern nur einen Theil des Lichtes auffangen. Um die Figur des Glases zu prüfen, lege man ein Buch

vor sich hin, halte die Brille in der Hand und entferne sie allmälig, indem man hindurchsieht, von dem Buche. Ist die Figur des Glases fehlerhaft, so werden die Gegenstände entstellt und verwirrt erscheinen. Betrachtet man hingegen einen solchen Gegenstand durch ein richtig geschliffenes Glas, so wird er überall genau und deutlich erscheinen, nur in vergrößerter Gestalt, nach dem Grade der Vergrößerung des Glases; und wenn man allmälig das Glas über den Brennpunkt hinaus entfernt und das Glas mit der Fläche des Papiers parallel hält, so werden alle Theile des Gegenstandes in derselben Entfernung gleich undeutlich werden.

Was die Farbe des Glases anlangt, so ist die beste Masse diejenige, durch welche die Gegenstände so viel als möglich in ihrer natürlichen Farbe erscheinen. Gefärbte Gläser zerlegen einen Theil des einfallenden Lichtes so, daß sie gewisse Farben verschlucken und die übrigen durchlassen, ein anderer Theil aber unzerlegt und unverschluckt durch sie hindurchgeht. Der leichteste Weg, die Farbe eines Glases zu untersuchen, ist, daß man es auf weißes Papier legt. Indeß bedient man sich auch gefärbter Gläser, der grünen, blauen, azurfarbenen und selbst der dunkelblauen, theils um den gewöhnlichen Lichtreiz für sehr empfindliche Augen zu mäßigen, theils um die Augen beim Anblick heller Gegenstände gegen zu grelles Licht zu schützen. Bei Gebirgsreisen über große Schneeflächen, welche von der Sonne stark beschienen werden, muß man die Augen mittelst blauer Gläser schützen. Reizbaren Augen empfiehlt man im Sommer bei hellem Sonnenlicht azurfarbene Gläser. Die grünen Gläser, welche früher zu diesem Zweck in häufigem Gebrauche waren, sind weniger zu empfehlen, weil die Gegenstände gelb und mit einem rothen Rande erscheinen, wenn man längere Zeit durch sie sieht.

Die Form der Gläser ist sowohl ihrer Begrenzung als der Oberfläche nach verschieden. Gewöhnlich giebt man ihnen eine runde oder ovale Form; bisweilen macht man sie auch achteckig. Für den Gebrauch ist aber dies nicht gleichgültig. Denn ein Brillenglas muß einen so großen Umfang haben, daß man nicht über den Rand desselben hinwegzuschauen vermag: eine nothwendige Bedingung des unschädlichen Gebrauchs derselben. Deshalb möchte die runde Form (oder die Form der alten spanischen Brillen mit großen Gläsern) unten allen Umständen vor der der jetzt üblichen kleinen Gläser, die ein Oval, dessen Gestalt der Oeffnung des Auges ähnlich ist, darstellen, den Vorzug verdienen. — Größer ist die Verschiedenheit in der Gestalt der Flächen der Gläser. Sie sind entweder platt, gleichen einem gewöhnlichen Fensterglase und heißen Plangläser, welche in denjenigen Fällen gebraucht werden, wo man das Auge gegen die Einwirkung äußerer Schädlichkeiten (Staub, Wind u. s. w.) schützen will, oder wo das Auge sehr reizbar ist und zu grelles Licht, wie das des Schnees, der Sonne und anderer heller Gegenstände nicht verträgt. In diesem letztern Falle sind es zugleich gefärbte Gläser.

Gewöhnlich sind die Gläser entweder auf beiden Seiten hohl oder auf beiden Seiten erhaben geschliffen. Wollaston hat jedoch den Gebrauch von Menisken angerathen, weil man dadurch bequem nach allen Seiten sehen kann; indessen haben diese sogenannten periskopischen (v. d. griech. *περισκέπτω*, rings herum sehen) Gläser den Nachtheil, daß sie stark spiegeln. Galland v. Cherveux hat Gläser mit cylinderförmigen Oberflächen vorgeschlagen, welche aus Segmenten eines Cylinders mit sich durchkreuzender Axe und Oberfläche bestehen sollen. Sie werden meistens achteckig geschliffen, erreichen aber den ange-

gebenen Zweck nicht und geben, vorzüglich wenn die Cylinder von kurzen Radien sind, außerhalb der Mitte auffallend verzerrte Bilder.

Dem Zwecke nach theilt man die Brillen ein in solche, welche für empfindliche weitsichtige und kurzsichtige Augen bestimmt sind. Zu jenen gehören die Plangläser, sie mögen nun gefärbt sein oder nicht (s. oben). Man spricht zwar auch von Conservations- oder Präservativbrillen, welche dazu dienen sollen, die Sehkraft gesunder Augen zu erhalten und die geschwächter Augen zu stärken. Dergleichen Gläser giebt es aber nicht. Denn jedes Glas, und wenn es noch so rein wäre, ist ein dichteres Mittel als die Luft, das Auge wird daher beim Gebrauch desselben immer etwas angestrengt. Sind die Gläser gut, so ist die Anstrengung so gering, daß sie nicht bemerkbar wird und gesunden Augen nicht schaden kann; bereits geschwächten kann sie aber sehr nachtheilig werden. Höchstens könnte man mit jenem Namen die Staubbrillen und die, welche für empfindliche und lichtscheue Augen bestimmt sind, belegen.

Die Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit lassen oft keine radicale Heilung zu und können dann nur palliativ, nämlich durch den vorsichtigen Gebrauch der Brillen verbessert werden. Für den Kurzsichtigen sind hohlgeschliffene Gläser, für den Weitsichtigen erhaben geschliffene nöthig. Bei jenem nämlich sollen die von einem Gegenstande ausgehenden Strahlen durch die vorgehaltene concave Linse so auseinander gelenkt und gebrochen werden, daß ihr Vereinigungspunkt nicht vor der Netzhaut, sondern auf derselben stattfindet. Bei diesem aber sollen die Strahlen, welche sich hinter der Netzhaut erst vereinigen, durch die vorgehaltene convexe Linse zusammengelenkt und ihre Divergenz so vermindert werden, daß die Vereinigung auf der Netzhaut geschieht.

Viele, selbst berühmte Augenärzte, wollen den Gebrauch der Brillen auch bei abgestumpfter Empfindlichkeit der Netzhaut gestatten; allein durch den hierdurch entstehenden Lichtreiz wird das Gesicht sehr häufig in der Folge so verschlechtert, daß vollkommene Blindheit entsteht, abgesehen davon, daß die Augenkranken oft gar keine passende Brille finden, weil die Abnormität nicht in den durchsichtigen und brechenden Theilen des Auges liegt.

Im gemeinen Leben wählt man zwar die Brillen durch Versuche, vermittelst derselben zu lesen; aber da bei so oberflächlicher Wahl leicht beträchtliche Mißgriffe gethan werden können, so ist es nothwendig, sie nach gehöriger Berechnung zu wählen und daß man also die Entfernung des deutlichen Sehens oder den dem Auge nöthigen Abstand des Gegenstandes wisse. Man halte zu diesem Behufe Schrift von mittelmäßiger Größe zuerst in der Normalentfernung von [illegible] Zoll und entferne sie von da aus bei den Weitsichtigen, und nähere den Kurzsichtigen langsam, bis sie ganz rein wird, um auf diese Weise die geringe Abweichung vom Normalzustande zu treffen. Dann wiederhole den Versuch, wobei man auch einige Mal die Schrift sogleich in die unrichtige Entfernung stellen kann; denn es könnte sein, daß bei der langsamen Annäherung vom Normalpunkte das Auge nach und nach angespannt würde, und so bei der ersten Messung der wahre Grad seiner Schwäche nicht zeigte. Auch die Versuche bei gewöhnlichem Licht und Zustande des Körpers [illegible] Soll aber die Brille stets bei Lampenschein gebraucht werden, so [illegible] Lampenscheine, nicht am Tage, die Versuche angestellt werden. Bisweilen ist die Sehkraft beider Augen ungleich; dann muß bei jedem Auge [illegible]

besonders gemessen und jedem auch ein besonderes Glas berechnet werden. Hat man nun so die Entfernung des deutlichen Sehens gefunden, so mißt man dieselbe mittelst eines Fadens vom Augenlide an bis zu dem bezeichneten Punkte, und bestimmt das Maß nach Zollen. Ein ganz genaues und einfaches Verfahren ist das von Holke beschriebene. Nach ihm spannt man einen Faden von dem untern Augenlide an aus; an der Stelle, wo der Faden am deutlichsten dem Auge erscheint, ist er am dünnsten und zusammengezogensten, je mehr aber seine Punkte von der deutlichsten Stelle entweder nach dem Auge zu oder von dem Auge ablicken, um so breiter wird er, so daß er also die Gestalt zweier sich entgegen gekehrter Pyramiden ab und cb (s. beistehende Fig.) darbietet, die in b zusammenfließen, wo das deutlichste Sehen stattfindet.

Dieser Punkt b rückt mehr dem Auge zu oder mehr vom Auge ab, je nachdem man sich anstrengt, nähere oder entferntere Punkte des Fadens deutlich zu sehen, und die nächste Grenze, bis zu welcher man so die gemeinschaftliche Spitze b der Pyramiden zu bringen vermag, wird die erste Grenze der deutlichen Sehweite, die entfernteste Grenze dagegen die zweite Grenze der deutlichen Sehweite, der Zwischenraum zwischen beiden Sehweiten der Spielraum der deutlichsten Sehweite sein. Holke erinnert, daß Bestimmungen mit Apparaten dieser Art bei Kurzsichtigen in der Regel leicht zu erhalten sind, am meisten Schwierigkeit aber bei denen haben, die ein gesundes Auge besitzen, wegen der Größe des Spielraums des deutlichen Sehens. Ein sehr einfaches Instrument, welches jeder Brillenhändler führen sollte, ist ein Lineal mit einem verschiebbaren Linsenglase, dessen Brennweite p genau bekannt sein muß; außerdem muß sich über das Lineal noch ein kleines Object erheben, welches ebenfalls verschiebbar ist. Schiebt man nun das Object so nahe an die Linse, bis man es durch dieselbe deutlich sieht, und mißt dann die Entfernung a der Linse vom Objecte, so läßt sich die deutliche Sehweite $= \frac{a+p}{ap}$ berechnen. Der Werth dieses Ausdruckes kann unmittelbar auf das Lineal verzeichnet, und dann die Gesichtsweite sogleich von demselben abgelesen werden. Ein ähnlicher sehr zweckmäßiger Apparat ist der bei nebenstehender Figur abgebildete. a b ist eine mit einem Maßstabe versehene Stange, welche durch zwei Arme a c und b c mit dem Stiel d verbunden ist, der in dem Fuß E nach Bequemlichkeit des von b Sitzenden verschoben und durch eine Stellschraube befestigt werden kann. Bei b ist eine Art Larve angebracht, deren beide durch kurze enge Röhren gebildete Augenlöcher durch leicht verschiebbare Deckel einzeln geschlossen werden können; f ist ein auf der Stange verschiebbares Lesepult. Wenn nun der zu Untersuchende hinter der Larve b sitzt, kann er weder willkür-

lich noch unwillkürlich den Untersuchenden über die Entfernung, bei der er am deutlichsten lesen kann, täuschen, weil er kein Kriterium hat, ob das Lesepult dem Auge näher oder ferner steht. Simulanten entlarven öftere Wiederholungen, zwischen denen die Sehlöcher geschlossen werden, wenn sie zufällig das Gewünschte anfangs treffen sollten, sicher; deshalb wird diese einfache Maschine z. B. von vielen Militärärzten angewendet, weil öfters Kurzsichtigkeit vorgegeben wird, um sich der Militärpflicht zu entziehen.

Um nun für ein weitsichtiges Auge die ihm passende Linse zu finden, so multiplicire man die Entfernung, in der der Weitsichtige deutlich sieht, mit der Entfernung, in welcher er durch die Brille sehen soll, und dividire das Product durch den Unterschied jener beiden Entfernungen, so giebt der Quotient die gesuchte Brennweite des Glases. Für Kurzsichtige gilt das Nämliche, nur mit dem Unterschiede, daß die Brennweite des für ihn tauglichen Glases negativ, d. h. daß das Glas concav sein muß.

Zweckmäßig bleibt es immer, solche Brillen auszuwählen, die nicht ganz so scharf sind, als man etwa wünschen sollte. Denn dadurch zwingt man das Auge gleichsam, sich an die geringere Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit zu gewöhnen und wird es bemerklich, daß dieses geglückt ist, so kann man es durch eine andere Brille noch weiter führen ꝛc. Besonders ist den Kurzsichtigen zu rathen, mit so flachen Gläsern als möglich zufrieden zu sein, dagegen Gläser zu meiden, welche bei aller Schärfe das Auge blinzeln und bald auch schmerzen machen. Und in dem Falle, wo die Anwendung einer Brille absolut nothwendig ist, wird der Augenkranke wohl thun, wenn er nicht fortdauernd, sondern nur in jenen Momenten, wo das deutliche Sehen durchaus nothwendig ist, die Brille anwendet. Muncke behauptet zwar gegen Büsch das Gegentheil, und meint, es sei zweckmäßig, bei einem solchen Zustande der Augen die Brille stets zu tragen, wenn einmal die Abnormität durch das Brillenglas compensirt werden soll, allein dieser Ausspruch hat nur dann seine Gültigkeit, wenn ein Kranker an einem so hohen Grade der Kurzsichtigkeit leidet, daß er in einer Entfernung von 3 bis 4 Zoll kleinere Gegenstände nicht mehr zu unterscheiden vermag. Ist die Kurzsichtigkeit hingegen gering, so trägt die äußere Form der Gläser nicht nur zur Kurzsichtigkeit, sondern auch zur Störung der Sehkraft im Allgemeinen bei. Dagegen hat Muncke recht, wenn er sagt, daß es von großer Wichtigkeit sei, vorzüglich für Kurzsichtige, welche ohnehin durch anhaltendes Zusammenbiegen der Augenaxen leicht doppelsichtig und schielend werden, beide Linsen, namentlich bei den Hand-Lorgnetten in gehöriger Entfernung von einander zu halten, damit das gewohnte Zusammenbiegen der Augenaxen und das Doppeltsehen nicht noch mehr verdoppelt werde. Uebrigens darf man durchaus nicht glauben, daß Weitsichtigkeit sich mittelst einer Brille mit Hohlgläsern und Kurzsichtigkeit sich mittelst einer Brille mit erhabenen Gläsern mindern lasse; denn dies ist schon aus medicinisch-anatomischen Gründen, sowie der Theorie der Linsengläser zufolge, eine grundfalsche Ansicht, die auch von der Erfahrung nicht bestätigt wird.

Brise, s. Wind.

Brockengespenst, s. Luftspiegelung.

Brom, lat. Bromum (v. d. griech. βρῶμος, der Gestank), wurde 1826 von Balard in der Mutterlauge des Seewassers entdeckt, und seitdem in den Tangarten, dem Badeschwamm und in den meisten Salzquellen in geringer Menge aufge-

funden; in Mexico und in Chili kommt es in Verbindung mit Silber als Mineral vor. Das Brom wird aus der Mutterlauge des Seewaſſers und gewiſſer Salzquellen auf die Weiſe gewonnen, daß man Chlor in dieſelbe hineinleitet, die gelbe gefärbte Flüſſigkeit mit Aether ſchüttelt, die hyacinthrothe ätheriſche Auflöſung mit concentrirter Kalilauge behandelt, abdampft, glüht, den Rückſtand mit Braunſtein mengt und mit Schwefelſäure deſtillirt; das im Deſtillate enthaltene Brom trennt man von der über demſelben ſtehenden wäſſerigen Flüſſigkeit und entwäſſert es vollſtändig durch Deſtillation über Chlorcalcium. Bei gewöhnlicher Temperatur iſt das Brom eine dunkelrothe, faſt ſchwarze, bei durchfallendem Lichte hyacinthrothe dünne Flüſſigkeit von 2,966 ſpecif. Gewicht, welche bei —19° zu einer gelbbraunen, zuweilen bleigrauen ſpröden kryſtalliniſch-blätterigen Maſſe erſtarrt; bei gewöhnlicher Temperatur verdampft das Brom ſchnell an der Luft, ſiedet bei 47° und bildet gelbrothe Dämpfe, denen der ſalpetrigen Säure ähnlich, deren ſpecif. Gewicht über 5,0 iſt; es ſchmeckt ſcharf, brennend und widrig, riecht unangenehm und wirkt, ähnlich wie das Chlor, aber nicht ſo heftig, auf den thieriſchen Organismus ein, ohne jedoch ſelbſt bei dem Einathmen größerer Mengen der Dämpfe dem Leben ſelbſt gefährlich zu werden; ein Tropfen einem Vogel in den Schnabel gegeben, tödtet denſelben; es erregt auf der Haut Jucken und in größerer Menge angewendet, durchfrißt es dieſelbe, ebenſo wie vegetabiliſche Subſtanzen unter gelber Färbung derſelben; es löſt ſich in Waſſer ein wenig auf, leichter in Alkohol und am beſten in Aether, wie auch in ätheriſchen Oelen. Es verbindet ſich bei 0° mit Waſſer zu einem Hydrat (10 At. oder 53,44 Proc. Waſſer), welches in ſchönen hyacinthrothen regelmäßigen Octaedern ſich ausſcheidet und erſt über + 15° ſich wiederum zerſetzt. Zu dem Sauerſtoff hat das Brom nur geringe Verwandtſchaft, es vereinigt ſich mit demſelben nicht unmittelbar; die Darſtellung, Eigenſchaften und das Verhalten der Bromſäure ſtimmen faſt vollkommen überein mit dem, was bei der Chlorſäure geſagt iſt, weswegen wir in dieſer Hinſicht auf den Art. Chlor verweiſen.

Der Bromwaſſerſtoff (Hydrobromſäure) bildet ſich bei Entzündung eines Gemenges von Bromdampf und Waſſerſtoffgas mittelſt des elektriſchen Funkens, ferner durch Erhitzung von Phosphor, Brom und ein wenig Waſſer, wie auch durch Zerſetzung des Bromkaliums mit Schwefelſäure; es iſt ein farbloſes Gas von ſtechendem Geruch, ſehr ſaurem Geſchmack und 2,71 ſpecif. Gewicht, zieht aus der Luft Waſſer an und bildet mit demſelben weiße dicke Nebel; es wird von Waſſer in großer Menge abſorbirt, welche wäſſerige Flüſſigkeit, bei möglichſter Concentration ein ſpecif. Gewicht von 1,29 hat, an der Luft raucht, unter 100° kocht und ſich in jeder Hinſicht, wie auch die Verbindungen des Broms mit Phosphor, Schwefel, Stickſtoff u. ſ. w. den analogen Verbindungen des Chlors entſprechend verhält. Vergl. auch den Art. Salzbilder. E. W.

Brontometer, ſ. Gewitter.

Brunnen, ſ. Quellen.

Buſſole, ſ. Declinatorium.

lich noch unwillkürlich den Untersuchenden über die Entfernung, bei der er am deutlichsten lesen kann, täuschen, weil er kein Kriterium hat, ob das Lesepult dem Auge näher oder ferner steht. Simulanten entlarven öftere Wiederholungen, zwischen denen die Sehlöcher geschlossen werden, wenn sie zufällig das Gewünschte anfangs treffen sollten, sicher; deshalb wird diese einfache Maschine z. B. von vielen Militärärzten angewendet, weil öfters Kurzsichtigkeit vorgegeben wird, um sich der Militärpflicht zu entziehen.

Um nun für ein weitsichtiges Auge die ihm passende Linse zu finden, so multiplicire man die Entfernung, in der der Weitsichtige deutlich sieht, mit der Entfernung, in welcher er durch die Brille sehen soll, und dividire das Product durch den Unterschied jener beiden Entfernungen, so giebt der Quotient die gesuchte Brennweite des Glases. Für Kurzsichtige gilt das Nämliche, nur mit dem Unterschiede, daß die Brennweite des für ihn tauglichen Glases negativ, d. h. daß das Glas concav sein muß.

Zweckmäßig bleibt es immer, solche Brillen auszuwählen, die nicht ganz so scharf sind, als man etwa wünschen sollte. Denn dadurch zwingt man das Auge gleichsam, sich an die geringere Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit zu gewöhnen und wird es bemerklich, daß dieses geglückt ist, so kann man es durch eine andere Brille noch weiter führen ꝛc. Besonders ist den Kurzsichtigen zu rathen, mit so flachen Gläsern als möglich zufrieden zu sein, dagegen Gläser zu meiden, welche bei aller Schärfe das Auge blinzeln und bald auch schmerzen machen. Und in dem Falle, wo die Anwendung einer Brille absolut nothwendig ist, wird der Augenkranke wohl thun, wenn er nicht fortdauernd, sondern nur in jenen Momenten, wo das deutliche Sehen durchaus nothwendig ist, die Brille anwendet. Muncke behauptet zwar gegen Büsch das Gegentheil, und meint, es sei zweckmäßig, bei einem solchen Zustande der Augen die Brille stets zu tragen, wenn einmal die Abnormität durch das Brillenglas compensirt werden soll, allein dieser Ausspruch hat nur dann seine Gültigkeit, wenn ein Kranker an einem so hohen Grade der Kurzsichtigkeit leidet, daß er in einer Entfernung von 3 bis 4 Zoll kleinere Gegenstände nicht mehr zu unterscheiden vermag. Ist die Kurzsichtigkeit hingegen gering, so trägt die äußere Form der Gläser nicht nur zur Kurzsichtigkeit, sondern auch zur Störung der Sehkraft im Allgemeinen bei. Dagegen hat Muncke recht, wenn er sagt, daß es von großer Wichtigkeit sei, vorzüglich für Kurzsichtige, welche ohnehin durch anhaltendes Zusammenbiegen der Augenaxen leicht doppelsichtig und schielend werden, beide Linsen, namentlich bei den Hand-Lorgnetten in gehöriger Entfernung von einander zu halten, damit das gewohnte Zusammenbiegen der Augenaxen und das Doppeltsehen nicht noch mehr verdoppelt werde. Uebrigens darf man durchaus nicht glauben, daß Weitsichtigkeit sich mittelst einer Brille mit Hohlgläsern und Kurzsichtigkeit sich mittelst einer Brille mit erhabenen Gläsern mindern lasse; denn dies ist schon aus medicinisch-anatomischen Gründen, sowie der Theorie der Linsengläser zufolge, eine grundfalsche Ansicht, die auch von der Erfahrung nicht bestätigt wird.

Brise, s. Wind.

Brockengespenst, s. Luftspiegelung.

Brom, lat. Bromum (v. d. griech. βρῶμος, der Gestank), wurde 1826 von Balard in der Mutterlauge des Seewassers entdeckt, und seitdem in den Tangarten, dem Badeschwamm und in den meisten Salzquellen in geringer Menge aufge-

funden; in Mexico und in Chili kommt es in Verbindung mit Silber als Mineral vor. Das Brom wird aus der Mutterlauge des Seewaſſers und gewiſſer Salzquellen auf die Weiſe gewonnen, daß man Chlor in dieſelbe hineinleitet, die gelbe gefärbte Flüſſigkeit mit Aether ſchüttelt, die hyacinthrothe ätheriſche Auflöſung mit concentrirter Kalilauge behandelt, abdampft, glüht, den Rückſtand mit Braunſtein mengt und mit Schwefelſäure deſtillirt; das im Deſtillate enthaltene Brom trennt man von der über demſelben ſtehenden wäſſerigen Flüſſigkeit und entwäſſert es vollſtändig durch Deſtillation über Chlorcalcium. Bei gewöhnlicher Temperatur iſt das Brom eine dunkelrothe, faſt ſchwarze, bei durchfallendem Lichte hyacinthrothe dünne Flüſſigkeit von 2,966 ſpecif. Gewicht, welche bei —19° zu einer gelbbraunen, zuweilen bleigrauen ſpröden kryſtalliniſch-blätterigen Maſſe erſtarrt; bei gewöhnlicher Temperatur verdampft das Brom ſchnell an der Luft, ſiedet bei 47° und bildet gelbrothe Dämpfe, denen der ſalpetrigen Säure ähnlich, deren ſpecif. Gewicht über 5,0 iſt; es ſchmeckt ſcharf, brennend und widrig, riecht unangenehm und wirkt, ähnlich wie das Chlor, aber nicht ſo heftig, auf den thieriſchen Organismus ein, ohne jedoch ſelbſt bei dem Einathmen größerer Mengen der Dämpfe dem Leben ſelbſt gefährlich zu werden; ein Tropfen einem Vogel in den Schnabel gegeben, tödtet denſelben; es erregt auf der Haut Jucken und in größerer Menge angewendet, durchfrißt es dieſelbe, ebenſo wie vegetabiliſche Subſtanzen unter gelber Färbung derſelben; es löſt ſich in Waſſer ein wenig auf, leichter in Alkohol und am beſten in Aether, wie auch in ätheriſchen Oelen. Es verbindet ſich bei 0° mit Waſſer zu einem Hydrat (10 At. oder 53,44 Proc. Waſſer), welches in ſchönen hyacinthrothen regelmäßigen Octaedern ſich ausſcheidet und erſt über + 15° ſich wiederum zerſetzt. Zu dem Sauerſtoff hat das Brom nur geringe Verwandtſchaft, es vereinigt ſich mit demſelben nicht unmittelbar; die Darſtellung, Eigenſchaften und das Verhalten der Bromſäure ſtimmen faſt vollkommen überein mit dem, was bei der Chlorſäure geſagt iſt, weswegen wir in dieſer Hinſicht auf den Art. Chlor verweiſen.

Der Bromwaſſerſtoff (Hydrobromſäure) bildet ſich bei Entzündung eines Gemenges von Brombampf und Waſſerſtoffgas mittelſt des elektriſchen Funkens, ferner durch Erhitzung von Phosphor, Brom und ein wenig Waſſer, wie auch durch Zerſetzung des Bromkaliums mit Schwefelſäure; es iſt ein farbloſes Gas von ſtechendem Geruch, ſehr ſaurem Geſchmack und 2,71 ſpecif. Gewicht, zieht aus der Luft Waſſer an und bildet mit demſelben weiße dicke Nebel; es wird von Waſſer in großer Menge abſorbirt, welche wäſſerige Flüſſigkeit, bei möglichſter Concentration ein ſpecif. Gewicht von 1,29 hat, an der Luft raucht, unter 100° kocht und ſich in jeder Hinſicht, wie auch die Verbindungen des Broms mit Phosphor, Schwefel, Stickſtoff u. ſ. w. den analogen Verbindungen des Chlors entſprechend verhält. Vergl. auch den Art. Salzbilder. E. W.

Brontometer, ſ. Gewitter.

Brunnen, ſ. Quellen.

Buſſole, ſ. Declinatorium.

Cadmium (Atgew. = 696,7; Chem. Zeichen = Cd) wurde 1817 in einem unreinen schlesischen Zinkoxyd durch Zufall entdeckt von Hermann, und von Stromeyer genauer untersucht. Es kommt häufig der Zinkblende und dem Galmei beigemengt vor und tritt auch als reines Schwefelcadmium in einem seltenen Mineral, dem Greenockit, auf. Das cadmiumhaltige Zink oder Zinkerz wird in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, durch Schwefelwasserstoff gefällt, das ausgeschiedene Schwefelcadmium in Salzsäure aufgelöst und aus der Lösung das Cadmium durch kohlensaures Ammoniak als kohlensaures Cadmiumoxyd niedergeschlagen, welches mit Kohle innig gemengt im Tiegel bei mäßiger Rothglühhitze reducirt wird. Das so dargestellte Cadmium ist ein stark glänzendes, fast zinnweißes Metall, welches ein dichtes Gefüge und einen hackigen Bruch besitzt, leicht in Octaedern krystallisirt, ein wenig härter als Zinn ist und wie dieses beim Biegen ein eigenthümliches Geräusch verursacht; es ist geschmeidig, dehnbar und läßt sich leicht feilen, hat ein spec. Gew. = 8,604, nach dem Hämmern = 8,694, schmilzt vor der Rothglühhitze bei ungefähr 360°, verdampft etwas über dem Siedepunkte des Quecksilbers; es verliert an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht seinen Glanz, in der Hitze verbrennt es zu braunem Oxyd. Das Cadmiumoxyd (CdO) bildet, je nachdem es mehr oder weniger stark geglüht wurde, ein dunkelbraunes oder braunrothes und braungelbes Pulver, verändert sich selbst in der heftigsten Weißglühhitze nicht und hat ein spec. Gew. = 8,183. Das Hydrat des Oxydes ist weiß und wird durch Fällung eines auflöslichen Salzes mittelst Kali dargestellt. Die Cadmiumoxydsalze sind meist farblos, röthen in Wasser aufgelöst Lackmus, besitzen einen widrig metallischen Geschmack und bewirken Erbrechen; ihre Lösungen werden durch Schwefelwasserstoff gelb, durch Kali, kohlensaure und oxalsaure Alkalien, und Cyaneisenkalium weiß gefällt; Zink schlägt aus ihnen metallisches Cadmium in der Form von Dendriten nieder. Das schwefelsaure Cadmiumoxyd (CdO, SO^3 + 4 HO) krystallisirt in farblosen, 4seitigen Säulen, ist leicht in Wasser auflöslich, verliert bei geringer Erhöhung der Temperatur sein Krystallwasser, ohne zu schmelzen, und in der Glühhitze die Hälfte seiner Säure, indem basischschwefelsaures Cadmiumoxyd zurückbleibt (2 CdO, SO^3). Das Schwefelcadmium (CdS) kommt in der Natur vor in doppelt 6seitigen Pyramiden, von 4,8 spec. Gew., von der Härte des Kalkspaths, demantglänzend, halbdurchsichtig und von honiggelber Farbe; das künstliche wird auf nassem Wege dargestellt und bildet ein pomeranzengelbes Pulver, welches beim jedesmaligen Erhitzen erst bräunlich und dann karmoisinroth wird, schmilzt in der Weißglühhitze und bildet beim Erkalten eine halbdurchsichtige gelbe krystallinisch-blättrige Masse; in concentrirter Salzsäure ist es leicht auflöslich. Das Schwefelcadmium wird als schöne Malerfarbe, theils für sich allein (Jaune brillant) theils mit Blau gemischt zu Grün angewendet, es ist dauerhaft und steht dem Chromgelb durchaus nicht nach; auch in der Kattundruckerei und Seidenfärberei hat man diese Farbe anzuwenden versucht, indem man schwefelsaures Cadmiumoxyd aufdrückte und dieses durch Schwefelwasserstoffwasser oder schwefelwasserstoffsaures Schwefelkalium zersetzte; jedoch steht einer allgemeineren Verbreitung und Anwendbarkeit dieser schönen Farbe der bisherige hohe Preis derselben entgegen. Mit Chlor, Brom, Jod, Fluor bildet das Cadmium Verbindungen, welche hinsichtlich ihrer Zusammensetzung dem Cadmiumoxyd, der einzigen Oxydationsstufe dieses Metalles, entsprechen. E. W.

Calcium (Atgew. = 266,5 Berzelius; 250,0 Erdmann und Marchand; Chem. Zeichen = Ca), ein Metall, welches 1808 von H. Davy zuerst aus der Kalkerde mittelst der voltaischen Säule dargestellt wurde. Es findet sich im oxydirten Zustande, als Kalkerde verbunden mit Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Arsenikſäure, Kieselsäure in der Natur weit verbreitet vor und ist von allen Alkalimetallen das auf der Erdoberfläche in größter Menge auftretende. Das Metall wird entweder mittelst der voltaischen Säule oder durch heftiges und anhaltendes Glühen des kohlensauren Kalkes mit Kohle in der Weißglühhitze dargestellt; es ist silberweiß, oxydirt sich schnell an der Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur, bei höherer unter Feuererscheinung, und zersetzt das Wasser unter Entwicklung von Wasserstoffgas. Das Calciumoxyd oder die Kalkerde erhält man rein durch anhaltendes Glühen des Kalkspathes, des carrarischen Marmors oder von Austernschalen im Tiegel; der unreine thonhaltige Kalk wird durch zu starkes Glühen zuweilen todt gebrannt, der völlig reine niemals. Im Großen wird der meist unreine Kalkstein (über dessen verschiedene Arten s. d. Art. Berg) entweder in dazu eingerichten liegenden oder stehenden Kalköfen gebrannt, die in verschiedenen Ländern und je nachdem man mit Holz, Torf, Steinkohlen oder Coaks dieselben erhitzt, auf verschiedene Weise construirt sind. Frischgebrochene Kalksteine, welche noch Feuchtigkeit besitzen und noch nicht an der Luft völlig ausgetrocknet sind, lassen sich besser brennen, als wenn das letztere der Fall ist, indem der sich erzeugende Wasserdampf auch das Entbinden und Entweichen der andern Gasart, der Kohlensäure, befördert, welche Erfahrung auch mit derjenigen in Verbindung steht, daß trockne Luft dem Kalkbrennen nicht günstig ist. Die Gewichts- und Volumensverminderung der Kalksteine durch das Brennen ist nach der Reinheit und den Structurverhältnissen derselben verschieden; gewöhnlich verlieren sie an Gewicht 45 Proc., und 10 bis 20 Proc. ihres Volumens; einzelne Kalksteine verlieren auch bis 54, andere dagegen nur 23 Proc. an Gewicht. Die reine Kalkerde ist weiß, weich und leicht zu pulvern, hat ihr spec. Gew. nach Kirwan = 2,3, nach Royer und Dumas = 3,08, nach Karsten = 3,1605, nach Boullay = 3,179 und nach Richter = 3,2; sie ist im heftigsten Feuer unschmelzbar und schmilzt nur im Knallgasgebläse und in der durch starke Volta'sche Säulen erzeugten Hitze, unter Verbreitung eines schönen rothen Lichtes, meist nur an den Kanten zu einem undurchsichtigen Schmelzgas zusammen; der Kalk schmeckt laugenartig ätzend, und zerstört die thierischen Körper. Mit ungefähr $^1/_2$ Theil Wasser befeuchtet erhitzt sich der Kalk sehr stark; zuerst entsteht ein zischendes Geräusch, indem das Wasser in die bei dem Entweichen der Kohlensäure hinterlassenen Poren eindringt und die darin enthaltene Luft austreibt; sodann verbindet sich der Kalk mit dem Wasser zu Kalkhydrat unter allmälig steigender Temperatur, so daß die Hitze oft hinreicht, um Schwefel, Schießpulver und selbst Holz zu entzünden. Im Dunkeln zeigt sich während des Löschens des Kalkes mit wenig Wasser ein lebhaftes Leuchten. Das Kalkhydrat, der gelöschte Kalk bildet ein zartes weißes Pulver, verliert bei schwacher Glühhitze sein Hydratwasser, schmeckt nicht mehr so stark ätzend als der ungebrannte Kalk, und zieht aus der Luft stark die Kohlensäure an, ohne jedoch jemals völlig mit Kohlensäure sich zu sättigen; man erhält es krystallisirt in durchsichtigen regelmäßigen 6seitigen Säulen und 6seitigen Tafeln, wenn man Kalkwasser unter einer gutschließenden Glasglocke über Schwefelsäure langsam verdam-

pfen läßt. Bei Zusatz größerer Quantitäten von Wasser entsteht der Kalkbrei und die Kalkmilch; der Kalk löst sich nach Phillips in 656 Th. Wasser bei 0° auf, bei 15,6° in 752 Th., und bei 100° erst in 1280 Th. zu einer klaren Flüssigkeit auf, welche, schwach alkalisch reagirt, an der Luft Kohlensäure anzieht und mit einer Haut von kohlensaurem Kalke sich bedeckt. Der technische Ausdruck fetter Kalk bezieht sich auf solche Kalksorten, welche wenig (1 bis 6 Proc.) fremde Beimengungen (besonders Magnesia, Eisenoxyd, Spuren von Thon) enthalten, beim Löschen viel Wasser verschlucken und ihr Volumen bedeutend (3,2 bis 3,6 mal) vergrößern (aufgehen, gedeihen), lange schlüpfrig, gleichsam fettig bleiben und zur Bereitung des Mörtels mit viel Sand vermengt werden können; die entgegengesetzten Eigenschaften zeigt der magere Kalk, welcher 15 bis 30 Proc. Beimengungen an Magnesia, Eisenoxyd, etwas Kieselerde und Thon enthält; der hydraulische Kalk ist ein magerer Kalk, der viel Thon enthält (8 bis 25 Proc.), mit Wasser befeuchtet nicht aufgeht, sich mit Wasser nicht sehr erhitzt, aber dasselbe in bedeutender Menge verschluckt und unter Wasser nach wenigen Tagen erhärtet, weswegen er bei Wasserbauten eine wichtige Anwendung findet, dagegen an der Luft nur wenig Festigkeit und Zusammenhang erlangt. Der gebrannte Kalk wird seit den ältesten Zeiten in den verschiedensten technischen Gewerben und Künsten verwendet, vor allen Dingen zur Bereitung des Mörtels und zum Anstrich der Gebäude; außerdem bedient man sich desselben in der Seifensiederei, Bleicherei, Gerberei, Färberei, Zuckerraffinerie, Glasfabrikation, zur Darstellung vieler chemischer Präparate (kaustisches Kali, Natron, Ammoniak) ꝛc. Der Mörtel ist eine allmälig erhärtende und steinartig werdende Masse, die als Bindemittel für die Bausteine oder als Abputz dient und je nachdem er die Eigenschaft hat, an der Luft oder unter Wasser fest zu werden, Luft- oder Wassermörtel genannt wird. Der Kalkbrei verliert, der Luft ausgesetzt, allmälig den größten Theil seines Wassers, zieht Kohlensäure an, erhärtet, aber weil er zugleich sein Volumen bedeutend vermindert, erhält er Sprünge und Risse und keinen Zusammenhang; man muß demselben deswegen in dem Sande (auf 1 Th. steifen gelöschten Kalk 2 Th. gröberen oder 3 Th. feinen Sand von Quarz oder andern krystallinischen Gesteinen) eine Substanz zusetzen, zu welchem die Kalktheilchen eine größere mechanische Anziehung, Adhäsion besitzen, als zu einander; dadurch findet beim späteren Austrocknen eine nur höchst unbedeutende Zusammenziehung statt, indem die Kalkmasse zwischen den Sandkörnern in nur kleinen Mengen vertheilt ist, da der Kalk in die Poren der Bausteine eindringt und zu denselben ein großes Adhäsionsvermögen hat, welches noch durch den Druck der Masse vermehrt wird. So werden die Steine durch das allmälige Erhärten des Kalkes so fest an einander geleimt, daß sie oft selber eher zerbrechen, als daß der Mörtel losläßt, wenn man sie mit Gewalt aus einander zu reißen versucht. Es scheint sich in dem Mörtel eine Verbindung von Kalkhydrat und kohlensaurer Kalkerde zu bilden und die Kohlensäureanziehung geht so langsam vor sich, daß im Innern alter Mauern noch nach Jahrhunderten der Kalk kaustisch war; je länger der Mörtel dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt ist, desto größere Festigkeit erlangt er durch die immer vollkommnere Bildung des harten kohlensauren Kalkes, nicht aber, wie man früher glaubte, durch eine im Laufe der Zeiten eintretende chemische Wirkung zwischen Kalk und Sand, welche im Luftmörtel nicht stattzufinden scheint. Der Wassermörtel wird entweder aus den in der Natur vorkommenden hydraulischen Kalk-

orten bereitet oder durch Vermischung des fetten Kalkes mit verschiedenen Mineralien oder Kunstproducten, wodurch demselben die Eigenschaft ertheilt wird, im Wasser zu erhärten. Als solche Zuschläge, Cemente, dienen z. B. Puzzolan vulkanischer Tuff = 44,5 Kieselerde, 15,0 Thonerde, 8,8 Kalk, 4,7 Magnesia, 1,4 Kali, 4,1 Natron, 12,0 Eisenoxyd und 9,2 Wasser), Traß (57,0 Kieselerde, 16,0 Thonerde, 2,6 Kalk, 1,0 Magnesia, 7,0 Kali, 1,0 Natron, 5,0 Eisenoxyd und 9,6 Wasser), Bimstein, Basalttuff, Paustlipptuff, gebrannter Basalt, Wacke, Klingstein, Thonschiefer, oder gebranntes Töpfergeschirr, Porzellanscherben (Chamotte), Ziegenmehl, Hohofenschlacken, gebrannter Thon ꝛc. Die beiden ersteren Gesteine (Puzzolan und Traß) werden am häufigsten zur Darstellung des Wassermörtels benutzt, und die Menge des Zusatzes richtet sich nach der größeren oder geringeren Reinheit des Kalkes selbst. In die Classe der natürlichen hydraulischen Kalke gehören alle Thonhaltenden Kalksteine (20 bis 30 Proc. Thon) namentlich die Kalkmergel, welche oft auch noch Kieselerde und kieselsaure Kalkerde enthalten. Die chemische wie auch die physikalische Beschaffenheit der Beimengungen hat wesentlichen Einfluß auf die Güte des zu bildenden Wassermörtels, und nach derselben richtet sich auch der Hitzegrad, den man beim Brennen des hydraulischen Kalkes anwenden muß, welcher nur durch den Versuch genau gefunden werden kann. Der sogenannte römische Cement (Patentcement, englischer Cement) gehört ebenfalls in die Classe der Wassermörtel, und wurde zuerst in London verfertigt, wo ein Fossil, der sogenannte Cementstein (Kalksteinnieren aus dem London-Thon) zu seiner Bereitung verwendet wird (Zusammensetzung des Cämentsteins = 65,7 kohlensaurer Kalk, 0,5 Magnesia, 6,0 Eisenoxydul, 1,6 Manganoxydul, 18,0 Kieselerde, 6,6 Thonerde und 1,2 Wasser); der Cementstein wird gebrannt, fein gemahlen und bei der Anwendung mit Wasser angemacht und in verschiedenen Verhältnissen mit Sand gemengt; der römische Cement, welcher jetzt in vielen Ländern dargestellt wird, hat eine ziemlich gleichförmige Zusammensetzung und besteht im Allgemeinen aus 55,0 Kalk, 38,0 Thon und 13,0 Eisenoxyd. Der Wassermörtel erhärtet an der Luft schon in 12 Stunden, bekommt aber Risse und zerfällt leicht; seine langsame Erhärtung unter Wasser, binnen einiger Tage, beruht auf einem chemischen Processe, indem das Kalkhydrat die fein zertheilten Silikate von Eisenoxyd, Magnesia und besonders der Thonerde zersetzt und mit der ausgeschiedenen gallertartigen Kieselerde eine feste steinartige Verbindung eingeht, welche vom Wasser nicht weiter angegriffen wird.

Das Schwefelcalcium (CaS) wird durch Reduction des schwefelsauren Kalkes mittelst Kohle dargestellt, besitzt eine weiße, nur wenig ins Röthliche fallende Farbe, schmilzt selbst in der Weißglühhitze nicht, ist geruchlos und schmeckt schwach hepatisch; es löst sich nur sehr wenig in Wasser, zerfällt aber längere Zeit mit demselben gekocht in auflösliches Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium und in Kalkerdehydrat, welches sich ausscheidet. Das Fünffach-Schwefelcalcium (CaS^5) erhält man durch längeres Kochen von Einfach-Schwefelcalcium oder Kalkerdehydrat mit Schwefelpulver; die farblose Flüssigkeit setzt beim Einkochen pomeranzengelbe, durchscheinende, unregelmäßig sechsseitig-säulenförmige Krystalle von gewässertem Fünffach-Schwefelcalcium = Kalk oder sechstel schwefelwasserstoffsaurem Kalke ab = 5 CaO, CaS^5 + 20 aq. oder 6 CaO, H S^5 + 19 aq. ab. — Das Chorcalcium (Ca Cl) gewinnt man aus der Mutterlauge der Salzsoolen, sowie durch Auflösung von Kalk in Salzsäure; es scheidet sich aus der wässerigen

Lösung mit 6 At. (49,3 Proc.) Wasser verbunden, in regulären, oft gestreiften 6seitigen Säulen aus, welche Krystalle an der Luft schnell zerfließen, weit unter 100° schmelzen, bei 200° 4 At. und noch unter der Glühhitze alles Wasser unter starkem Aufschäumen verlieren; es schmeckt unangenehm salzig-bitter, löst sich in krystallisirten Zustande unter Erkältung in 1/2 Th. Wasser von 0° und in 1/4 Th. von 16°, und in Weingeist (dessen Flamme er eine röthliche Farbe ertheilt) ebenfalls leicht auf; in der Glühhitze schmilzt es zu einer durchscheinenden dichten Masse von krystallinisch-körnigem Gefüge, von 2,214 bis 2,269 spec. Gew. Das geschmolzene Chorcalcium zieht sehr begierig Wasser an und erregt mit etwas Wasser übergossen Wärme; es absorbirt auch Ammoniakgas und schwillt damit auf. Eine völlig gesättigte wässerige Lösung von Chlorcalcium kocht erst bei 179°. Das Chlorcalcium wird wegen seiner hygroskopischen Eigenschaften zum Trocknen der Gase und Flüssigkeiten verwendet (s. den Art. Analyse und Trockenapparat); ferner zur Bereitung verschiedener chemischer Präparate, das krystallisirte zur Erzeugung künstlicher Kälte (3 Theile Chlorcalcium und 2 Th. Schnee von 0° geben eine Kälte von — 36° R.), in der Steindruckerei, um das Feuchtbleiben der lithographischen Steine zu bewirken und als Düngmittel für die Felder. Das Fluorcalium kommt in der Natur als Flußspath häufig in schönen, dem regulären Systeme angehörenden Krystallen und im dichten Zustande vor, verschiedenartig gefärbt und von 3,14 bis 3,177 spec. Gew.; der Flußspath wird in großer Menge verwendet zu Darstellung der Flußsäure, zum Email für eiserne Kochgeschirre und besonders als Zuschlag beim Ausschmelzen der Kupfer- und Eisenerze. Mit Brom und Jod verbindet sich das Calcium zu dem Chlorcalcium in allen ihren Eigenschaften gleichenden Körpern.

Zu den Säuren hat die Kalkerde große Verwandtschaft, und bildet mit derselben meist neutrale, auch saure, aber selten basische Salze. Die Kalksalze sind farblos, wenn die Säure farblos ist; die auflöslichen schmecken herbe und färben, besonders das Chlorcalcium, die Spiritus- sowie die Löthrohrflamme schwach röthlich beim Entweichen des Krystallwassers; der Kalk bildet mit denselben Säuren wie der Baryt, in Wasser schwer- oder unlösliche Salze, die jedoch in verdünnter Salz- und Salpetersäure leicht sich auflösen, außer dem schwefelsauren Kalke, welcher auch in Säuren schwer löslich ist. Zu den wichtigsten Kalksalzen gehören: der kohlensaure Kalk, welcher als Kalkspath oder Arragonit in der Natur in vielfach variirenden Formen krystallisirt sich vorfindet (s. den Art. Krystallographie) und auch im dichten Zustande durch Struktur und Beimengungen von sehr verschiedenem Aussehen vorkommt (s. den Art. Berg). Der künstlich dargestellte kohlensaure Kalk bildet ein weißes Pulver, welches aus feinen mikroskopischen Krystallen besteht, und je nach seiner Bereitungsweise entweder dem des Kalkspaths (2,75) oder dem des Arragonits (2,931) entsprechendes spec. Gew. besitzt. Wird der kohlensaure Kalk im verschlossenen Raume erhitzt, so daß die Kohlensäure nicht entweichen kann, so schmilzt er bei einer Temperatur, welche derjenigen, bei der er sich zersetzt, nahe liegt. — Der schwefelsaure Kalk oder Gips ($CaSO^3$) kommt in der Natur im wasserfreien Zustande als Anhydrit in rechtwinkligen 2 und 2 gliedrigen Säulen (sp. Gew. = 2,7 bis 3,0 und mit Wasser verbunden als Gips (spec. Gew. = 2,26) in schiefen 2- und 1-gliedrigen Säulen krystallisirt vor. Der Gips = $Ca, SO^3 + 2$ aq. (20,76 Proc. Wasser) löst sich in 460 Th. kaltem und in ebenso viel heißem Wasser auf

er wird vielfach benutzt, im reinen körnig krystallinischen Zustande (Alabaster) zu Verfertigung von Kunstgegenständen und Bildhauerarbeiten, ganz besonders aber als wichtiges Düngmittel und nach dem Brennen zur Darstellung von Abgüssen allerlei plastischer Gegenstände. Das Brennen des Gipses, um denselben zu Gipsmörtel oder zur Verfertigung von Gipsstatuen zu verwenden, muß vorsichtig geschehen; wenn bei demselben die Temperatur über 160° steigt, so ist er todt gebrannt und hat nicht mehr die Fähigkeit Wasser aufzunehmen und dasselbe chemisch zu binden; wenn aber die Temperatur 120° bis 126° nicht überstiegen hat, bei welcher alles Wasser ausgetrieben wird, so gesteht er, wenn man ihn nach dem Pulvern mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt hat, in wenigen Augenblicken zu einer festen Masse, indem die sich bildenden Krystalle in ihren Zwischenräumen das überflüssig zugesetzte Wasser mechanisch einschließen. An feuchten Orten kann der Gips nicht angewendet werden, indem er dann seine bindende Kraft verliert; zu Verzierungen an Häusern verwendet man auch ein Gemenge von gelöschtem Kalk, Gips, feinem Sand und Wasser, indem diese Masse langsamer erhärtet als reiner Gipsmörtel und also besser sich bearbeiten läßt. Der künstliche Marmor, Stuck, Stucco wird aus schwach gebranntem Gips und Leimwasser oder einer Auflösung von Hausenblase bereitet, und die Masse mit verschiedenen Farben geadert und gebändert; die Platten oder die mit jener Masse gemachten Ueberzüge werden nach dem Erhärten mit Bimsstein oder feinem Tripel und Oel abgerieben und polirt. — Die Phosphorsäure geht mit der Kalkerde, wie mit den andern Salzbasen, in sehr verschiedenen Verhältnissen Verbindungen ein, von denen man das zweibasische Salz durch Fällung der Lösung eines neutralen Kalksalzes mit einer verdünnten Auflösung von krystallisirtem phosphorsaurem Natron erhält; es bildet sich ein krystallinischer Niederschlag, welcher nach der Formel = 2 CaO, $Ph^2 O^5$ + 4 HO zusammengesetzt ist; wird derselbe mit wässerigem Ammoniak digerirt oder eine Auflösung von phosphorsaurem Kalke in Säuren durch Ammoniak niedergeschlagen, so bildet sich eine gallertartige, voluminöse Masse, welche aus 3 basischem phosphorsaurem Kalke besteht (3 CaO, $Ph^2 O^5$) und diese Verbindung ist es, welche als Hauptbestandtheil in den thierischen Knochen, Excrementen und Flüssigkeiten, sowie im Mineralreiche als Apatit in schönen 6seitigen Säulen krystallisirt vorkommt. Das Knochenmehl, wie die Knochenasche wird als Düngmittel in sehr bedeutender Quantität verwendet, die letztere außerdem zum Putzen von Messing, zur Bereitung von Kapellen, zum Abtreiben des Silbers im Kleinen, zur Gewinnung des Phosphors und zur Darstellung des Milchglases. Der salpetersaure Kalk (Kalksalpeter, Erdsalpeter) findet sich zuweilen aufgelöst im Brunnenwasser, wittert oft an Mauern aus, welche mit stickstoffhaltigen Dünsten oder Flüssigkeiten in Berührung stehen, kommt auch in einigen Kalksteinhöhlen vor und bildet sich in den Salpeterplantagen. Aus der wässerigen Auflösung schießt es in Verbindung mit 4 At. Wasser in 6seitigen Säulen mit spitzen Pyramiden an, welche an der Luft schnell zerfließen, in $^1/_4$ Th. Wasser und leicht in Weingeist löslich sind, einen scharfen bittern Geschmack besitzen, bei geringer Erhöhung der Temperatur das Wasser verlieren und sich dann ohne weitere Zersetzung bis zum anfangenden Schmelzen erhitzen lassen; auf glühenden Kohlen verpufft diese Verbindung nur schwach, weil sie stets viel Feuchtigkeit enthält. — Von den übrigen Kalksalzen erwähnen wir nur noch des technisch wichtigen Chlorkalkes oder unterchlorigsauren Kalkes; der pulvrige

Chlorkalk oder das Bleichpulver wird durch Sättigung des gut gelöschten Kalk mit Chlorgas bereitet, bildet ein meist feuchtes weißes Pulver mit schwachem Geruch nach unterchloriger Säure und besteht aus $Ca\,Cl + CaO, ClO + 2$ aq, aber immer ist noch mehr oder weniger Kalkhydrat unzersetzt zurückgeblieben; das Präparat muß in luftdichten Gefäßen an dunklen und kühlen Orten aufbewahrt werden; an der Luft zieht es Feuchtigkeit an und zerfließt unter Sauerstoffentwicklung und Entweichung von Chlor zu einer nicht mehr bleichenden, Chlorcalciumhaltigen Flüssigkeit; auch bei der Erhitzung verliert es sein Bleichungsvermögen, indem Sauerstoff und zuweilen auch Chlor sich entwickelt, und ein Gemenge von Chlorcalcium und chlorsaurem Kalke zurückbleibt. Die Kohlensäure der Atmosphäre zersetzt im feuchten Chlorkalke langsam den unterchlorigsauren Kalk, die unterchlorige Säure giebt ihren Sauerstoff an das Calcium im Chlorcalcium ab, wodurch das Chlor sowohl aus der Säure, wie aus dem Chlorcalcium frei wird; dieselben Processe erfolgen, nur weit rascher und energischer, wenn man eine stärkere Mineralsäure mit dem Chlorkalke in Berührung bringt. Der wässerige Chlorkalk (Bleichflüssigkeit) wird entweder durch Uebergießen des trocknen Präparates mit Wasser oder durch Hineinleiten von Chlorgas in Kalkmilch in geeigneten Apparaten bereitet; er zersetzt sich auf diese Weise wie der trockne Chlorkalk, nur ungleich schneller unter dem Einflusse des atmosphärischen Kohlenstoffes und muß deshalb nach seiner Bereitung sofort verbraucht werden. Der Chlorkalk wird in großer Menge angewendet zum Bleichen, besonders der baumwollenen Zeuge, der Leinewand (Lumpen), des Papiers, zur Zerstörung miasmatischer Stoffe ꝛc. Von Wichtigkeit ist es, den käuflichen Chlorkalk auf seinen Gehalt an disponiblem Chlor vor seiner Anwendung zu untersuchen, zu welchem Zweck wir auf die in dem Artikel Chlorometrie beschriebenen Methoden verweisen.

E. W.

Caliber heißt eigentlich der Durchmesser der Mündung eines Feldstücks, oder, was dasselbe, der Durchmesser des größten Kreises einer Kugel, welche in ein bestimmtes Feldstück paßt, dann aber auch der Durchmesser der Oeffnung jeder cylindrischen Röhre. Letztere kann entweder durchgängig dasselbe Caliber haben, d. h. überall von derselben Weite, vollkommen cylindrisch sein, oder sie kann in verschiedenen Theilen verschiedene Caliber, d. h. in verschiedenen Theilen andere und andere Weite haben. Bei einer cylindrischen Röhre kann nun entweder unter der Annahme, daß sie durchgängig von gleicher Weite sei, die Weite ihrer Oeffnung, die Größe ihres Calibers gesucht werden; oder es kann untersucht werden, ob die Röhre durchgängig gleiche Weite, also durchgängig dasselbe Caliber habe. Beide Untersuchungen sind in vielen Fällen unumgänglich, überall wo es auf Messungen mit Röhren ankommt. Die vorzunehmenden Operationen selbst werden das Calibriren der Röhre genannt.

Um den Durchmesser der Oeffnung einer Röhre zu finden, bedient man sich bei weiteren Röhren des Zirkels; die größte Weite der Mündung giebt dann das Caliber der Röhre an. Bei etwas engern Röhren kann man in die Oeffnung einen Holz- oder Papierstöpsel genau einpassen, und an diesem dann die Weite der Röhre ermessen. Doch ist diese Art der Untersuchung immer sehr ungenau, schon darum, weil doch immer alles Holz oder Papier elastisch ist. Bei Haarröhrchen läßt sich keine der angeführten Beobachtungsarten anstellen, weil die Oeffnung zu

klein ist. Man bedient sich daher besser, nach Dutour*) und Gay-Lussac**), folgender Methode.

Zuerst wiege man das leere Röhrchen, fülle dann in dasselbe ein wenig Quecksilber, so daß sich im Röhrchen ein Queckſilbercylinder darstellt, und wiege das Röhrchen abermals. Der Unterschied des letzten und des vorhergehenden Gewichts des Röhrchens giebt das Gewicht des Queckſilbercylinders. Da das specifische Gewicht des Queckſilbers bekannt ist, so kann aus dieser Angabe des Gewichtes G des Queckſilbercylinders der Cubikinhalt desselben gefunden werden. Wenn nämlich m das Gewicht eines bestimmten Maßes, z. B. eines Cubikzolles Queckſilber ist, so ist $\frac{G}{m}$ der Cubikinhalt des Cylinders nach dem angenommenen Maße (in diesem Falle also nach C. Z.). Der Cubikinhalt jedes Cylinders ist aber bekanntlich $= \pi r^2 h$, wo π die gewöhnliche Bedeutung (3,1415) hat, r den Halbmesser des Kreises, welcher die Grundfläche des Cylinders darstellt, und h die Höhe des Cylinders bedeutet. Nun kann h durch Messung der Länge des Queckſilbercylinders mittelst des Zirkels gefunden werden, also ist in dem Ausdrucke

$$\frac{G}{m} = \pi r^2 h$$

, m, π, h bekannt und r unbekannt.

Es folgt aber aus der letzten Gleichung:

$$r = \sqrt{\frac{1}{m\pi}} \cdot \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

elches nun auch in jedem einzelnen Falle die Weite des Röhrchens und die inge des Queckſilbercylinders sein mag, immer bleibt m dieselbe unveränderte röße, ebenso π, und man kann ein für allemal die Ausziehung der Quadratwurzel an diesen Größen vornehmen. m ist aber von verschiedener Größe für die rschiedenen Maße, die man zu Bestimmung des Gewichtes und des Cubikmaßes nimmt. Für h in rheinl. Zoll und G in Granen Med. Gew. ist

$$r = 0{,}0090162 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für Par. Zoll und Grane Med. Gew. ist

$$r = 0{,}008563 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für engl. Zoll und Grains Troy-Gewicht ist

$$r = 0{,}009615 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für neufranz. Maß in Grammen und Decimeter ist

$$r = 0{,}1531 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

So ist der Halbmesser r des Kreises, welcher die Grundfläche des Queckſilbercylinders macht, gefunden und mithin auch das Caliber des Röhrchens, da der Durchmesser als das Doppelte des Halbmessers bekannt ist. Genau genommen ist zwar die Queckſilbersäule im Röhrchen kein wahrer Cylinder, indem die Grundflächen desselben keine wirklichen Ebenen, sondern Kugelflächen sind; wenn man aber

*) Journ. de Phys. T. XI. p. 177.
**) Biot traité T. I. p. 440.

die Queckſilberſäule nicht zu kurz nimmt, ſo kann man dieſen Umſtand vernachläſſigen, oder bei der Meſſung der Länge nach dem Augenmaß corrigiren, ohne daß man einen merklichen Fehler begehen wird.

Wie man, namentlich bei Glasröhren, unterſucht, ob ſie durchgängig von gleichem Caliber ſind, welches ebenfalls calibriren genannt wird, iſt unter dem Art. Barometer angegeben worden. Ueber das Calibriren von ſehr engen Röhren, namentlich zu Thermometern, ſ. d. Art. Thermometer.

Calibriren, ſ. Caliber.

Calorimeter (v. d. lat. calor Wärme und dem griech. μέτρον Maß) wird ein Inſtrument genannt, welches beſtimmt iſt die von einem Körper ausgehende Wärme zu meſſen. Das von Lavoiſier u. Laplace angegebene Inſtrument beruht darauf, daß eine gewiſſe Quantität Wärme erforderlich iſt, um eine gewiſſe Quantität Eis in Waſſer umzuwandeln. Da verſchiedene Körper verſchiedene Quantitäten Wärme gebrauchen, um ihre Temperatur um 1° zu erhöhen, ſo ſchreibt man ihnen verſchiedene Wärmecapacitäten zu (ſ. d. Art. Wärme) und das Calorimeter dient, dieſe Wärmecapacitäten zu beſtimmen. Bringt man nämlich einen erwärmten Körper von bekannter Temperatur T in Eis von 0° Temperatur, ſo nimmt er allmälig die Temperatur des Eiſes an und giebt gleichzeitig diejenige Quantität Wärme, welche dazu gehört, ihn auf ſeiner Temperatur T zu erhalten, an das ihn umgebende Eis ab, welches dieſelbe verbraucht, um ſich zum Theil in Waſſer von 0° Temperatur zu verwandeln. Man wird alſo nur die Quantität des erzeugten Waſſers zu meſſen brauchen, um die Wärmecapacität des betreffenden Körpers berechnen zu können, da man weiß, welche Quantitäten Wärme dazu gehören, um Eis in Waſſer zu verwandeln. Das von Lavoiſier und Laplace angegebene Inſtrument beſteht aus drei Gefäßen, welche einander umſchließen, C, C_1 und C_2.

Das größte C hat ein Rohr R zum Abfließen des Waſſers, und ebenſo das mittlere C_1 das Rohr r, über dem zugleich im Boden dieſes zweiten Gefäßes ein Sieb befindlich iſt. In dieſe beiden äußern wird zerſtoßenes Eis gelegt, und zwar in das äußere, um die Wärme der äußern Luft zu abſorbiren, in das mittlere aber, um durch die Wärme des in das kleinſte innerſte Gefäß gelegten Körpers zum Theil geſchmolzen zu werden. Nachdem der erwärmte Körper in das Gefäß C_2 gelegt iſt, wird ſchnell der Deckel gelegt und mit Eis belegt. Nun wird die abgewartet, bis der erwärmte Körper die Temperatur 0° erlangt hat, alles bis dahin durch das Rohr r aus dem mittleren Gefäße abfließende Waſſer geſammelt, und aus dieſer Menge die Wärmecapacität des unterſuchten Körpers berechnet. Iſt C die Capacität deſſelben, T ſeine anfängliche Temperatur, M ſeine Maſſe und t die ſpecifiſche Wärme des Waſſers, ſo iſt die Wärmemenge, welche der Körper hatte, = MTCt. Werden nun N Pfund Eis von 0° Temperatur geſchmolzen, ſo iſt die Beſtimmung zugleich die zum Schmelzen derſelben nothwendig geweſene Wärmemenge

N = MTCs, woraus ſich ergiebt $C = \frac{N}{MTs}$. Iſt aber der zu unterſuchende Körper flüſſig, ſo muß auch die Wärmemenge des Gefäßes mit in Berechnung gebracht

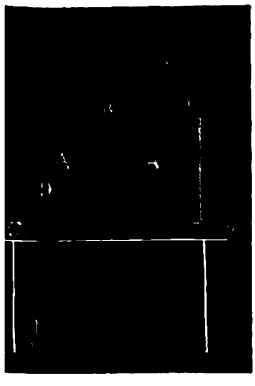
nd von der ganzen Wärmemenge abgezogen werden. Man stellt deshalb den Versuch erst mit der Flasche oder dem sonstigen zur Aufnahme der Flüssigkeit estimmten Gefäße an. Bedeuten für diese m, c und t dasselbe, als M, C und T ür den zu untersuchenden Körper, so ist die Wärmemenge derselben mest. Die Wärmemenge der Flüssigkeit und der Flasche zusammen haben aber zusammen N' Pfund Eis geschmolzen; es ist also $N' = MCT + mct$, und hieraus folglich

$$C = \frac{N' - mcst}{MTs}.$$

Bei Anstellung dieser Versuche hat man besonders darauf zu achten, daß das ngewandte Eis keine niedrigere Temperatur als 0° habe, damit nicht ein Theil r Wärme des Körpers verbraucht wird, um das Eis bis auf 0° zu erwärmen, ß die Temperatur des Zimmers, worin experimentirt wird, nur sehr wenige rade über Null sei, indem es unvermeidlich, daß etwas Luft mit in das Calorieter eindringt, und durch ihre Abkühlung die Menge des geschmolzenen Eises zu erklich vermehrt, und daß man die ganze Menge des geschmolzenen Eises erhalte. ies Letzte ist sehr schwer genau zu bewerkstelligen, indem sich stets noch Wasser ischen dem zerstoßenen Eise befindet. Man sucht dies einigermaßen zu gewinnen, dem man den Apparat einige Zeit vor dem Versuche in das Zimmer bringt. Es rd dann durch die Wärme der Luft etwas Eis schmelzen, und jedes Stück desben sich mit einer Wasserschicht überziehen. Um aber ein nicht zu hohes Reltat wieder zu erhalten, darf die Menge des Eises nicht zu stark vermindert wern, indem sonst weniger Wasser zurückbleibt, als vorher darin war, und die in n leer gewordenen Raum eindringende Luft auch ihre Wärme abgiebt. Man ndet auch wohl ganz einfach ein Stück Eis an, in das man ein Loch zur Aufhme des zu untersuchenden Körpers gemacht hat, welches man mit einem Stück s zudeckt, wo dann diese letzten Fehler nicht eintreten können.

Man kann das Loch in das Eis am besten mit einem heißen Eisen bohren, ß aber dann das Eisstück sorgfältig abtrocknen und an einen kühlen Ort brinn. Vor dem Versuche überzeugt man sich, daß es die Temperatur 0° hat.

Das von Rumford*) angegebene Wasser-Calorimeter kann dazu nutzt werden, um die Wärmecapacität der Gase zu bestimmen. Dasselbe besteht einem Kästchen AA aus dünnem Kupfer oder aus Weißblech von 8 Zoll Länge,



4,5 Zoll Breite und ebenso viel Höhe. In demselben befinden sich drei kreisförmige Oeffnungen in B, C und D, in welche cylindrische Röhren eingelöthet sind. Die erstere im Mittelpunkte des Deckels dient, um das Kästchen mit Wasser zu füllen, und wird mit einem Korkstöpsel verschlossen; in die zweite engere Oeffnung bei C wird durch einen durchbohrten Kork ein cylindrisches Thermometer gesteckt; die dritte bei D empfängt die Einmündung der Kühlschlange ss, welche das Wesentliche dieses Apparates ausmacht. Dieselbe ist von sehr dünnem Bleche, ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern bildet ein Rechteck von $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $1\frac{1}{2}$ Zoll Grundlinie am Eingang und 1 Zoll am Ende der Schlange. Sie

*) Nicholsons, Journ. Jan. 1812. Gilb. Ann. Bd. XLIV. S. 1.

macht in horizontaler Ebene mit halbkreisförmiger Wendung bei Eingang durch das Käſtchen, und ſteht vom unteren Boden überall zwei Linien weit ab. Bei D iſt ſie mit einem Cylinder e von 1 Zoll Durchmeſſer und 1 Zoll Länge verbunden, in welchen der umgekehrte Trichter f hineingeſteckt wird, beſtimmt, die Wärme verbrannter Stoffe aufzufangen. Das Käſtchen AA iſt an ſeinem Rande in einen hölzernen Rahmen mm eingelaſſen, der auf vier dünnen Füßen ſteht, um jeden Abzug von Wärme durch Berührung ſo viel als möglich zu verhindern. Das Gefäß des bei C eingeſteckten Thermometers iſt ein Cylinder von dünnem Glaſe, zwei Linien weit und 4 Zoll hoch, ſo daß er die Temperatur der verſchiedenen Waſſerſchichten vereint angiebt.

Um mit dieſem Inſtrumente die Wärmecapacität eines Gaſes zu beſtimmen, leitet man das erhitzte Gas mittelſt des Schlangenrohrs durch die im Gefäß enthaltene Flüſſigkeit, und beobachtet die Temperatur der Flüſſigkeit, wenn ſie ſtationär geworden iſt. So viel Wärme das Gas an das Calorimeter abgiebt, ebenſo viel verliert dieſes dann an die atmoſphäriſche Luft. Es kommt hier vorzüglich darauf an, einen ganz gleichförmigen Gasſtrom durch die Flüſſigkeit zu leiten, und ihre Temperatur, nachdem ſie ſtationär geworden, genau zu beſtimmen.

Den gleichmäßigen Strom bewirkten Laroche u. Berard*), welche ſich dieſes Inſtrumentes bei ihren Verſuchen bedienten, durch folgende Einrichtung. Das Gas, deſſen Capacität unterſucht werden ſoll, findet ſich in der Blaſe, die im Ballon B ſich befindet. Die Blaſe ſteht durch das Rohr C in Verbindung mit dem Schlangenrohr des Calorimeters, und das Gas tritt in daſſelbe ein, nachdem es vorher durch ein 1m langes Stück der Röhre C gegangen iſt, das von einer weitern mit ſiedend heißem Waſſer angefüllten umgeben iſt. Um aber das Gas aus der Blaſe zu treiben, ſteht der Ballon B durch die mit einem Hahn a verſchließbare Röhre D mit dem Gefäß E in Verbindung. Ueber letzterm befindet ſich das Gefäß F, deſſen Deckel zwei Oeffnungen hat, die luftdicht durch einen Pfropf verſchloſſen werden kann, und eine zweite, durch welche eine an beiden Enden offene Röhre d faſt bis auf den Boden des Gefäßes F hindurch geht. Wird nun dieſes Gefäß F mit Waſſer gefüllt, während E und B Luft enthalten, ſo beginnt nach Oeffnen der Hähne a und b das Waſſer mit einer der conſtanten Druckhöhe entſprechenden Geſchwindigkeit durch e abzufließen, treibt die Luft aus F nach E und veranlaßt ſo einen Druck auf die Blaſe, welcher das Gas zum Ausfließen durch C zwingt. Um das Gas nun wiederholt gebrauchen zu können, wird es in eine zweite Blaſe, die ſich unter ganz ähnlichen Umſtänden, wie die erſte befindet, geleitet, und aus dieſer dann nach A zurück.

Calorimotor, ſ. Kette.

Camera clara, ſ. Camera obſcura.

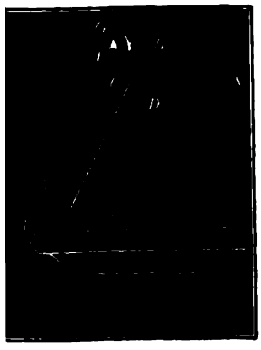
*) Journ. de phys. T. LXXVI. p. 155.

Camera lucida (lat.), lichte Kammer; (franz. chambre claire) ist ein 809 von Wollaston *) erfundenes Instrument, welches dazu dient, auf bequeme Weise Landschaften und dergleichen schnell zu zeichnen, und das sich von der Camera obscura namentlich durch den Mangel eines dunklen Kastens, innerhalb dessen das Bild erscheint, unterscheidet. Baumgartner **) giebt von derselben nachstehende Beschreibung.

I.

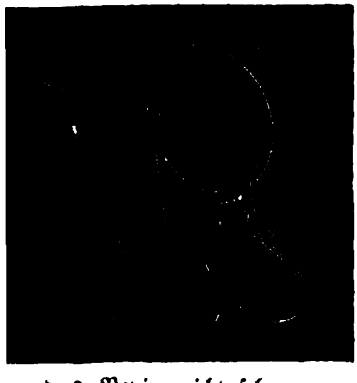
Die Camera lucida besteht aus einem Glasprisma ABDC, Fig. I., welches man mit den gehörigen Winkeln dadurch erhält, daß man mit dem Halbmesser AB den Quadranten AD beschreibt, ihn in C in zwei gleiche Theile theilt und die Sehnen AC und CD zieht. Das Viereck ABDC giebt dann den senkrechten Durchschnitt des gläsernen Prismas, das hinreichend groß ist, wenn die Höhe BA = $^1/_2$ Zoll und die Länge 1 Zoll beträgt. Die beim Gebrauche wagrechte Fläche AB wird mit einer geschwärzten Platte bedeckt, die einen ganz kleinen Ausschnitt hat, um das Licht durchzulassen; das Ganze ist mit einem Postamente versehen, wie Fig. II. zeigt. Ist S ein leuchtender Gegenstand, der Licht auf CD sendet, so wird davon ein Theil nach AC und von da nach G reflectirt, so daß er in das in G befindliche Auge kommt. Man sieht daher S in s. Befindet sich nun in s ein weißes Papier, so kann wegen der Kleinheit des Instrumentes auch von diesem Licht ins Auge kommen und man wird zugleich den Gegenstand S und das Papier, und zwar jenen auf diesem so sehen, daß man ihn nachzeichnen kann.

II.



Die von Wollaston seinem Instrumente gegebene Einrichtung stellt die nebenstehende Fig. III. dar. Es sind hier noch eine Deckplatte (der Augenführer) und zwei Gläser mit der Linse verbunden. Die Deckplatte Z dient mit ihrer Oeffnung, um das Auge in seiner Stellung zu fixiren und um die Menge des Lichtes, welches vom den abzuzeichnenden Gegenstande (durch Reflexion) und von dem Papiere (direct) in das Auge kommt, zu reguliren. Sie ist mit Hülfe des rechts stehenden Stieles um eine Schraube an ihrem anderen Ende drehbar. Das Auge muß so stehen, daß die obere Schneide des Prismas nur von einem Theile der Pupille die Strahlen des hinter dem Prisma befindlichen Gegenstandes abhält. Durch das Prisma hindurch kann an das Papier nicht sehen; man muß also mit einem Theile der Pupille neben

III.



*) Gilb. Ann. Bd. XXXIV. S. 383.
**) Naturlehre. Aufl. VIII. S. 676.

dem Prisma vorbei sehen. Demgemäß wird der Augenführer so zu stellen sein, daß die scharfe Kante des Prismas seine Oeffnung ungefähr halbirt. v ist ein Concavglas, welches Kurzsichtige vor der Linse anbringen, um besser zu sehen; i dagegen ein Converglas für Weitsichtige, damit sie die Spitze der Bleifeder besser erkennen, und welche also horizontal unter dem Instrumente angebracht werden muß. So gelingt es unter allen Verhältnissen gleich gut, die Bleistiftspitze und das zu zeichnende Bild zu sehen. Um die Größe des Bildes zu bestimmen, muß man die Entfernung des Prismas von Tische und von dem darzustellenden Gegenstande reguliren. Später hat man für Kurzsichtige sogleich die obere Fläche des Prismas concav geschliffen *).

Da der Gebrauch der Camera lucida wegen der Subtilität des Instrumentes für den noch nicht Geübten einige Schwierigkeiten hat, so führe ich noch Einiges aus einer Anweisung von Bate **) über diesen Gebrauch an. Wenn man eine Gegend mit der Camera lucida aufnehmen will, so muß man das Instrument auf einen Tisch oder ein Bret, auf welchem sich das Zeichenpapier befindet, und die in unverrückter Lage bleiben, so feststellen, daß sich das Prisma über der Mitte des Papiers befindet. Die offne Seite des Prisma muß nach dem abzuzeichnenden Gegenstande hin gerichtet, und die schwarze bewegliche Blendung (der Augenführer) zu oberst und horizontal sein. Man dreht sie um den festen Stift, an welchem sie sitzt, bis das in ihr befindliche Loch von dem scharfen Rande des Prismas in ungefähr zwei gleiche Theile getheilt erscheint. Bringt man dann das Auge dicht an das Loch und sieht senkrecht nach dem Papier herunter, so erblickt man auf demselben eine vollkommene Abbildung der Gegend; und dieses Bild wird größer oder kleiner, je nachdem man die Entfernung des Prismas von dem Papiere vergrößert oder verkleinert. Der Zeichner muß alsdann den Augenführer ein wenig nach sich hindrehen, bis er die Gegend nur schwach aber doch noch deutlich, und die Spitze des Bleistifts, mit der er die Zeichnung machen will, recht scharf sieht. Bleibt der ganze Apparat unverrückt in dieser Lage, und das Auge wird ein wenig vorwärts, nach dem Prisma zu, bewegt, so verlängert sich die Abbildung nach dem Zeichner zu; dasselbe geschieht nach der entgegengesetzten Seite hin, wenn man das Auge ein wenig zurück, nach dem Zeichner zu, bewegt. Auf diese Art läßt sich ohne alle Schwierigkeit auf dem Papiere das zurückgeworfene und deutliche Bild aller Gegenstände zeichnen, die innerhalb eines Gesichtswinkels von 45°, von oben nach unten gerechnet, liegen. Bewegt man das Auge rechts und links, so läßt sich ebenfalls ein horizontaler Gesichtswinkel von 80° erhalten, eine Ausdehnung, die in jedem Falle völlig ausreicht. Findet man, während man den Umrissen des reflectirten Bildes auf dem Papiere mit dem Zeichenstifte nachgeht, daß wegen des zu hellen Lichtes der Gegenstände der Zeichenstift zu wenig sichtbar wird, so läßt sich diesem sogleich dadurch abhelfen, daß man das Auge ein wenig nach der Seite des Zeichners zu verrückt. Im entgegengesetzten Falle, wenn die Gegenstände zu dunkel werden, braucht man das Auge nur ein wenig vorwärts zu bewegen. Es muß überhaupt immer der Rand des Prismas auf der Spitze des Zeichenstifts und dem Gegenstande, den man zeichnet, erscheinen; und dieses läßt sich nicht anders bewirken, als indem man den Kopf nach entgegengesetzter Richtung als den Zeich-

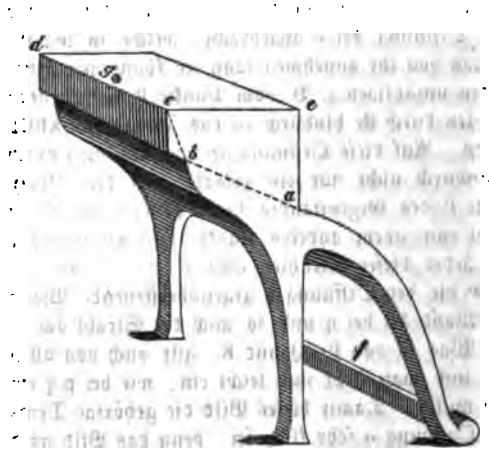
*) Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 74.
**) Nicholsons Journ. Octob. 1809. Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 83.

ftift bewegt, und überhaupt das Auge in alle Lagen bringt, in welchen der Gesichtsstrahl, der von der Spitze des Bleistifts und dem zu zeichnenden Theile des Umrisses ausgeht, dicht bei dem Rande des Prismas vorbeigeht. Es kann sich beim Zeichnen eines sehr nahen oder eines sehr hohen Gegenstandes ereignen, daß, wenn man das Bild bis an die obere Grenze des Papiers verfolgt, man dort ein Bild durch einfache Reflexion erhält, das farbig und verkehrt erscheint. Man muß dann das Gesichtsfeld vergrößern, indem man das Prisma um seine horizontale Axe so dreht, daß die vordere Fläche desselben ein wenig hinterwärts, und folglich die mit der Blendung bedeckte Fläche um ebenso viel herabwärts geneigt wird. Dieses läßt sich ohne Nachtheil thun: denn so lange das Prisma keine andere Bewegung hat, als diese, verändert sich die Stelle auf dem Papier nicht, und dieses ist ein sehr wesentlicher Vortheil. Für diejenigen, welche sich dieses Instrumentes zum ersten Mal bedienen, wird die Bemerkung nicht überflüssig sein, daß sehr nahe Gegenstände, an welche man nicht denkt, z. B. die Haare an der Stirne, und besonders der Hut, die Lichtstrahlen manchmal auffangen, und sie abhalten können, an der Vorderfläche des Prismas zu gelangen. Man wundert sich dann wohl, nichts, oder alle Gegenstände trübe und schlecht zu sehen, und denkt nicht daran, daß sich ein undurchsichtiger vor dem Instrument befinde. Wollaston deutet in seiner Beschreibung ganz in der Kürze ein Mittel an, wie sich eine Zeichnung vergrößern läßt: wenn man nämlich kleine durch ein Linsenglas vergrößerte Gegenstände nachzeichnet. Zu dem Ende muß man das Prisma so drehen, daß der Augenführer in der Verticalebene ist, an ihm die Glaslinse anbringen, und direct nach dem Gegenstande hinsehen. Das in horizontaler Ebene unter dem Prisma befindliche Papier und der Zeichenstift erscheinen dann durch Zurückwerfung auf dem Grunde des Objects mehr oder minder deutlich, je nachdem eine größere oder kleinere Fläche des Prismas vor die Pupille gebracht wird. Man kann sich in diesem Falle auch eines zusammengesetzten Mikroskops bedienen. Es ist indessen noch bequemer, wenn man dasselbe brauchen will, dem Augenführer die horizontale Lage zu lassen, und das Mikroskop ebenfalls horizontal vor dem Prisma zu stellen, so daß das Augenglas desselben sich dicht vor der Vorderfläche des Prismas befindet. Auf dieselbe Art läßt sich ein Teleskop oder ein gewöhnliches Fernrohr mit der Camera lucida verbinden, indem man das vorderste Ocular dicht an die Vorderfläche des Prismas stellt. Man sieht dann auf dem Papiere das vergrößerte Bild des entfernten Gegenstandes und kann die Umrisse desselben aufzeichnen.

Zur Erläuterung des von ihm angegebenen Instrumentes hatte sich Wollaston auf die Reflexion eines Lichtstrahles durch zwei gegen einander geneigte Spiegelplatten bezogen. An der Stelle zweier solcher Spiegelplatten setzte er dann die beiden einen stumpfen Winkel einschließenden beiden Flächen seines Prismas, und zwar darum, weil die brechende Kraft des Glases so groß ist, daß wenn ein Lichtstrahl, der in ein massives Stück Glas hineingetreten ist, um wieder hinaus zu treten, auf eine der Oberflächen so auffällt, daß er gegen dieselbe unter einem Winkel von nur 22 bis 23 Grad geneigt ist (mit dem Einfallslothe also einen Winkel von 67° bis 68° macht), das Glas kein Lichttheilchen durch diese Oberfläche hinaustreten läßt, sondern den ganzen Strahl zurückwirft, so daß die Oberfläche in diesem Falle zu dem hellsten und lichtstärksten Reflector wird, den man nur finden kann. Da indeß die Behandlung des Prismas dem im Gebrauche desselben Ungeübten viel Schwierigkeiten machte, so ist man wiederholt auf Einrichtungen der

Camera lucida zurückgekommen, bei denen man die beiden spiegelnden Flächen, welche Wollaston nur zur Erklärung seines Instrumentes anführt, an der Stelle des Prismas setzte.

Lüdicke *) gab dem Instrumente folgende Einrichtung; die Zeichnung stellt dasselbe im vierten Theil seiner Größe dar. Der aus feiner Pappe verfertigte Kasten enthält nach der Richtung a b einen reinen und gut geschliffenen Spiegel von dünnem Glase, und nach der Richtung b c ein sehr dünnes gut geschliffenes ebenes Glas. Die Decke kann bei c d aufgehoben und zurückgeschlagen werden, um Spiegel und Glas zu reinigen, und enthält bei g die Oeffnung für das Auge, unter welcher ein Hohlglas von 7 Zoll Zerstreuungsweite liegt, welches man nach [illegible] der Augen verändern [illegible] ganze Höhe des [illegible] trägt 7 Zoll. [illegible] derfüße sind [illegible] Leiste f verbunden [illegible] Bleigewicht von etwa [illegible] enthält, damit der Schwerpunkt des Ganzen innerhalb der 4 Füße liegt. Wenn man das Auge bei g anbringt, so sieht man durch zweimalige Reflexion den Gegenstand und durch die Glasplatte hindurch das Papier. Das Instrument hat aber den Fehler, daß ein Theil des auf die Glasplatte fallenden Lichtes nicht an der Oberfläche reflectirt wird, sondern in die Glasplatte eindringt und von der Rückwand derselben reflectirt wird. Sind die beiden Oberflächen der Glasplatte nicht genau parallel, so entsteht eine Verdoppelung des Bildes, welche den Apparat unbrauchbar macht. Amici **) hat eine ähnliche Einrichtung der Camera lucida vorgeschlagen. Während aber Lüdicke zur möglichsten Vermeidung jenes Fehlers will, daß man die Glasplatte so dünn als möglich nehmen soll, giebt Amici den Rath, entweder die Rückseite der (beträchtlich dicken) Glasplatte, da wo die zweite Reflexion stattfindet, matt zu schleifen, das Glas aus zwei flachen Prismen zusammen zu setzen, welche man dann so gegen einander neigen kann, daß das zweite der durch Reflexion gebildeten Bilder nicht störend auf das Auge wirkt. Amici hat auch drei andere Einrichtungen der Camera lucida angegeben.

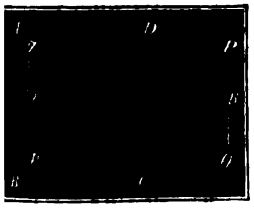


Sömmering ***) brachte hinter einem Mikroskop einen ganz kleinen Spiegel an, welcher nur etwa die Größe einer Erbse hatte und aus einem gut polirten Stahlplättchen bestand, das die Deckplatte der Unruhe einer Taschenuhr gewesen war. Dieses Spiegelchen war unter einem Winkel von ungefähr 45° geneigt, und

***) Gilb. Ann. Bd. XXXII. S. 339.
**) Ann. de Chim. T. XXII. p. 187.
*) Gilb. Ann. Bd. XXXI. S. 103. — Sömmering, dissert. de oculorum hominis animaliumque sectione horizont. 1818.

mit Hülfe deſſelben konnte Sömmering auf ein untergelegtes Blatt Papier die vergrößerten Gegenſtände mit der größten Genauigkeit zeichnen.

Camera obscura (lat.) d. h. dunkle Kammer, (franz. chambre noire; engl. dark chamber) iſt ein von Joh. Baptiſt Porta *) erfundener und 1558 zuerſt beſchriebener optiſcher Apparat, der dazu dient, innerhalb eines finſteren Raumes Bilder außerhalb dieſes Raumes befindlicher Gegenſtände zu erzeugen. Stellen wir uns irgend einen kaſtenartigen, rings eingeſchloſſenen alſo finſtern Raum vor, welchen in nebenſtehender Fig. ABCD bezeichnen mag. Vor der Wand CD befinde ſich ein ſtark erleuchteter Gegenſtand, und in derſelben Wand CD ſei eine kleine Oeffnung bei o angebracht, welche ſo eng iſt, daß man von ihr annehmen kann, es könne nur Einer von den unzähligen z. B. vom Punkte P ausgehenden Strahlen durch ſie hindurch in das Innere von ABCD dringen. Auf dieſe Oeffnung gelangt und geht durch ſie hindurch nicht nur ein Strahl von dem Einen Punkte P des Gegenſtandes PQ, ſondern ebenſo ein Strahl von jedem anderen Punkte des Gegenſtandes PQ. Jeder dieſer Strahlen geht geradlinig fort und



ſo kommt es, daß der Strahl von P die der Oeffnung o gegenüberſtehende Wand AB bei p, der Strahl von Q die Wand AB bei q und ſo auch der Strahl von R dieſelbe Wand bei r treffen wird. Was ſo von P, Q und R, gilt auch von allen andern Punkten des Gegenſtandes, und man ſieht nun leicht ein, wie bei pq ein umgekehrtes Bild von PQ entſtehen müſſe. Damit dieſes Bild die gehörige Deutlichkeit habe, iſt nöthig, daß die Oeffnung o ſehr klein ſei, denn das Bild wird offenbar alsbald verſchwinden, ſobald mehrere Punkte des Gegenſtandes PQ Licht nach demſelben Punkte der Wand AB werfen; dies aber wird um ſo mehr der Fall ſein, je größer die Oeffnung o iſt. Mit der Größe der Oeffnung nimmt aber die Erleuchtung im Allgemeinen zu, und erweitert man o immer mehr, ſo wird das Bild pq immer mehr verſchwinden, die Wand AB aber immer ſtärker erleuchtet erſcheinen, bis ſie endlich das Licht ganz ebenſo, wie wenn DB gänzlich fehlte, zurückwirft, d. h. ohne Erſcheinung eines Bildes in ihrer eigentlichen Farbe erſcheint. Iſt die Oeffnung o ſehr eng, ſo wird zwar das Bild an Deutlichkeit gewinnen, zugleich aber ſehr lichtarm ſein. Um nun das Bild zugleich deutlich und lichtvoller zu haben, kann man die Oeffnung o erweitern und eine convexe Linſe in ſie einſetzen; dann aber muß AB gerade ſo weit von DC entfernt ſein, als die Größe der Brennweite dieſer Linſe iſt. In dieſem Falle nämlich concentrirt die Linſe mehrere der von jedem einzelnen Punkte P, R oder Q ausgehenden Strahlen auf Einem entſprechenden Punkte p, r oder q der Wand AB und ſo wird die Deutlichkeit des Bildes ſo groß ſein, als wäre die Oeffnung o nur ein Punkt, und dennoch zugleich eine größere Lichtſtärke des Bildes ſtattfinden. Aber auch in dieſem Falle wird das Bild in umgekehrter Lage von PQ erſcheinen. Eine aufrecht erſcheinende Lage des Bildes wird aber dann ſtattfinden, wenn man dem Gegenſtande PQ außerhalb des dunklen Raumes ſelbſt eine umgekehrte Stellung ertheilt, oder durch eine beſondere Vorrichtung die Umkehrung des Bildes bewirkt.

*) Magia naturalis. Neapel, 1558.

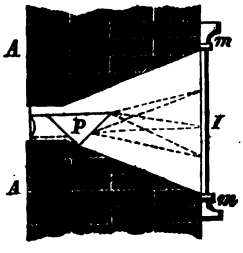
Die durch die Camera obscura erzeugten Bilder zeichnen ſich durch eine beſon dere Schönheit der Farben und Weichheit der Umriſſe aus und haben überdies no den ganz eigenthümlichen Reiz, daß ſie lebendig ſind. Alles, was nämlich au halb des verdunkelten Raumes vorgeht, regt und bewegt ſich auch in dem B Man kann jedes Zimmer zur Camera obscura leicht vorrichten. Die Fenſter ſelben werden durch Laden geſchloſſen und nur in eine Oeffnung des einen L wird ein Objectivglas von etwa 5 Fuß Brennweite angebracht. In dem Br punkte dieſes Glaſes wird dann eine mit weißem Papier beklebte Tafel aufge auf der das Bild des Platzes vor dem Fenſter erſcheint. Man wird natürlich ſolche Zimmer hierzu wählen, welche eine angenehme Ausſicht haben. Um Umkehrung des Bildes zu bewirken, kann man hinter oder vor der Linſe ein g winkliges gläſernes Prisma anbringen, wie die Zeichnung ein ſolches im Dur ſchnitt darſtellt. Hier werden von der Fläche AB d

I.

von dem Gegenſtande kommenden Strahlen ſo zurück geworfen, wie dieſes die Figur erläutert; der von ausgehende Strahl wird an der Wand AC des Pri mas nach o gebrochen, hier von der Wand AB reflectir von der Wand BC beim Ausfahren abermals gebroch und gelangt ſo nach m'; ebenſo gelangt der Strahl v von n durch p nach n', und auf dieſe Weiſe wird eine Umkehrung des Bildes er ſtehen, durch welche die Umkehrung durch das Objectiv aufgehoben wird. Da d nahe bei C parallel mit der Baſis einfallenden Strahlen dieſelbe nicht mehr treffe ſo iſt das untere Drittheil der Prismas CDE überflüſſig und kann wegbleiben Man kann größere Prismen auch aus Spiegelglastafeln zuſammenſetzen und di ſelben mit Waſſer oder Weingeiſt füllen.

Horner*) führt folgende artige Einrichtung einer kleinen Camera obscu an. In einer wohlgelegenen, etwas dunklen Ecke eines gewöhnlichen, nicht ſehr finſteren Zimmers wird die Mauer ſchräg durchbrochen und auf der äuß

II.

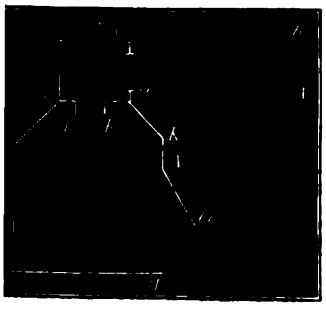


Seite AA (Fig. II) ein Objectiv eingeſetzt, deſſen Brenn weite ungefähr der Mauerdicke gleich iſt. An der äu ren Seite der Wand I hängt ein gewöhnlicher Bil rahmen mm mit einem mattgeſchliffenem Glaſe, a welchem die äußeren Gegenſtände ſich abbilden; d Prisma P von mäßiger Größe dient zur Aufrechtſtellung dieſes (ohne das Prisma verkehrt erſcheinenden) beweg lichen Gemäldes.

Bequemer als die eben erwähnten ſind die tragbaren, transportirbaren Vorrichtungen von dunklen Kammern. An die Stelle des verfinſterten Zimmers tritt hier ein dunkler Kaſten, auf deſſen unteren oder oberen horizontalen Fläche das Bild erſcheint. Eine ſolche Vorrichtung iſt nachfolgende Abbildung. CDHG und HKMLD ſind zwei über einander geſtellte hohle Kaſten, der untere inwendig ſchwarz angeſtrichen. Der obere kleinere iſt bei GH offen, um das Licht von den Gegenſtänden AB einzulaſſen. In ſeiner Diagonalfläche ſteht der Planſpiegel LO unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont geneigt. Im Boden befindet ſich e

*) Gehl. phyſ. Lex. Bd. II. S. 33.

I.



kurzes Rohr mit dem erhabenen Linsenglase EF. Der Spiegel wirft den Lichtstrahl, der von A horizontal auf seine Mitte fällt, lothrecht in der Axe des Glases nach a, und einen andern, der von B kömmt, durch die Mitte des Glases ungebrochen nach b. Wenn nun der Boden des untern Kastens LM vom Glase den gehörigen Abstand hat, so kommen alle Strahlen, die von A aufs Glas fallen, auf dem Boden in a, und alle, die von B kommen, in b zusammen, und wenn man ein Reißbret mit weißem Papiere bespannt auf LM legt, so entwirft sich auf selbigem s Bild ab. Die Seite KM ist durch einen Deckel von Wachstuch NO verschlos-, den man aufheben kann, um das Auge und die Hand in den innern Raum zu ingen, und so das entworfene Bild, das sich von dieser Seite aufrecht darstellt, zuzeichnen. Noch besser ist es, wenn man bei N ein schwarzes Sammttuch so festigt, daß es der Zeichner oder Beschauer über sich decken kann, um alle seitlich allenden Lichtstrahlen abzuhalten. Wegen der verschiedenen Entfernung der genstände kann die Linse EF in ein engeres Rohr eingesetzt werden, das sich in n weitern verschieben, und nach Erfordern in andere Abstände vom Boden LM ingen läßt.

Eine andere tragbare Camera obscura ist Fig. II. abgebildet. Hier ist der anspiegel B so gestellt, daß das von ihm zurückgeworfene Bild nach oben auf ein bei C ausgespanntes geöltes Papier oder eine matte Glastafel, durch die es durchscheint, fällt; das Auge des Beobachters befindet sich oberhalb von C, und Seitenflügel, sowie der Flügel D, können angebracht sein, um das störende Sonnenlicht abzuhalten. Bei A befindet sich eine Röhre, welche die Linse enthält, und die genähert und entfernt werden kann.

II.

Man hat diese letztere Einrichtung der Camera obscura auch Camera clara, helle Kammer, genannt, weil hier das Bild nicht in dem dunklen sten selbst, sondern von außerhalb desselben betrachtet wird, wo es dann auch niger nöthig ist, von dem betrachtenden Auge das Seitenlicht abzuhalten. Statt s transparenten Glases hat man bei der Camera clara aber auch eine große laslinse von nicht zu langer Brennweite angebracht, auf der dann das Bild mit ärferen Umrissen und schöneren Farben sich darstellt. Auch hat man endlich zwischen m Spiegel und der mattgeschliffenen Glasplatte eine Linse eingeführt, um das ild auf der Tafel schärfer zu erhalten. Die Einführung des Namens Camera ra ist aber überflüssig und giebt nur zu Verwechselungen mit der Camera lucida eranlassung, welche von den Franzosen Chambre claire genannt wird.

Durch die bekannte Erfindung Daguerre's ist es gelungen, das Bild der mera obscura zwar nicht mit seinen Farben, aber doch in Bezug auf Licht d Schatten zu befestigen. Dadurch hat die Camera obscura eine größere Wich- gkeit erlangt, als sie früher besaß. Man ist seitdem auch beflissen gewesen, sie

sorgfältiger auszuführen. Es stellen sich aber an der Camera obscura im Allgemeinen folgende Mängel heraus:

1) Die Bilder, welche durch Linsen erzeugt werden, sind verkehrt, so daß oben zu unten und unten zu oben geworden.

2) Die Bilder, welche von Spiegeln hervorgebracht, sind verwendet, so daß rechts zu links und links zu rechts geworden.

3) Wenn also das durch eine Linse erzeugte verkehrte Bild mit Hülfe eines Spiegels (durch Reflexion) wieder aufrecht gestellt worden, so erhält man nur auf der durchscheinenden Glas- oder Papiertafel ein verwendetes Bild. Befindet sich das Auge nicht hinter, sondern vor der Wand, auf welcher das Bild sich entwirft, so sieht es durch Zurückwerfung von dieser Wand ein abermals verwendetes, also nunmehr in links und rechts mit dem Gegenstande wieder übereinstimmendes Bild.

4) Die durch ein matttgeschliffenes Glas oder ein geöltes Papier gesehenen Bilder, welche der hinter der (durchscheinenden) Wand stehende Beobachter [illegible] fallen weniger scharf und schön aus, als diejenigen, welche ein Beobachter [illegible] undurchsichtigen der Linse gegenüberstehenden Wand wahrnimmt, welcher sich selbst vor dieser Wand befindet.

5) Die optische Abweichung wegen der Kugelgestalt und wegen [illegible] barkeit (s. d. Art.) macht die Bilder der Camera obscura falsch.

6) Das von einer ebenen Fläche aufgefangene Bild ist ein anderes [illegible] Bild des Gegenstandes, welches im Auge beim directen Sehen entsteht. [illegible] Grundfläche, auf welcher sich im Auge, das übrigens selbst eine Camera [illegible] das Bild entwirft, eine sphärische Fläche ist. Die geometrische Perspective [illegible] der Camera obscura ist also nie genau richtig.

7) Aber auch die Luftperspective ist in dem Bilde der Camera obscura nicht genau, indem die Gegenstände schärfer erscheinen, als das Auge sie unmittelbar sieht.

Die Uebelstände unter 1, 2, 3 fallen bei der Camera obscura, wie man sie zur Herstellung der Lichtbilder anwendet, zum Theil hinweg, weil es hier nicht darauf ankommt, ob das Bild in der Camera sich verkehrt darstellt. Man unterläßt es daher auch, einen Spiegel anzubringen, welcher nur lichtschwächend wirken würde. Dagegen zeigen die Lichtbilder das Bild so, wie man es im Kasten der Camera obscura durch das von der Rückwand reflectirte Licht sehen würde, wenn sich das Auge im Kasten selbst befände, also verwendet, aus rechts ist links, aus links rechts geworden. Sehr schwer fallen die weiter gerügten [illegible] ins Gewicht. Man hat der optischen Abweichung wegen concave [illegible] angewendet, welchen man in einiger Entfernung eine Blendung vorsetzt, [illegible] man, namentlich in Rücksicht auf den unter 6 gerügten Uebelstand, statt [illegible] gekrümmte Flächen zur Auffangung des Bildes angewendet; bei [illegible] Lichtbildern ist dies aber nicht ausführbar. Durch eine einzige achromatische Linse kann man auf einer ebenen Fläche ein Bild von größerer Ausdehnung hinsichtlich des Gesichtsfeldes, d. h. des Winkels, den die von den äußersten Objecten kommenden Strahlen mit einander machen, von genügender Schärfe nicht darstellen. Nach Angabe von Petzval wendet man daher eine Combination von zwei Crown-Flintglaslinsen an, die namentlich von Voigtländer *) in Wien trefflich

*) Verhandlungen des niederöstr. Gewerbevereins. 5. Heft. S. 72.

ich hergeſtellt werden. Weiteres über die zur Herſtellung der Lichtbilder angewen-
eten Inſtrumente, ſ. in d. Art. Daguerreotypie.

Wollaſton hat den Rath gegeben, als Objectiv der Camera obscura eines
Meniscus ſich zu bedienen, deſſen eine Seite mehr convex, als die andere concav
t. Die concave Seite muß dem Gegenſtande zugekehrt ſein. Das Ver-
ältniß der Radien, nach welchen die Krümmungsflächen geſchliffen ſind, iſt
ach Couchoix am paſſendſten das von 5 : 8. (Vergl. den Art. Lin-
englas.)

Chevalier erſetzt Linſe und Spiegel einer gewöhnlichen dunklen Kammer
urch ein Glas, wovon Fig. I. einen Durchſchnitt angiebt, und welches an der
Fläche AB eben, an der Fläche AC convex, an BC hingegen
concav iſt. Fallen nun von einem fernen Gegenſtande Strah-
len auf AC, ſo werden ſie wie in einer Linſe gebrochen und
an AB ſo reflectirt, daß ſie durch CB hervorkommen, und in
D ein verkehrtes Bild des Gegenſtandes geben.

I.

Unter dem Namen einer Camera clara dioptrica hat
von Leyſer*) ein Inſtrument hergeſtellt und wie folgt
beſchrieben, welches nichts anderes als eine vervollkommnete
Camera obscura iſt. Zu dem Inſtrumente gehören vier Stück
zweifache achromatiſche Objectivgläſer, eine einfache Hülfs-
linſe, ein großes Sammelglas und eine mattgeſchliffene Glas-
tafel. Die Zeichnung zeigt den Durchſchnitt des in dem In-
ſtrumente vorn eingeſetzten Rohres nebſt den dazu gehörigen
läſern in halber Größe. Das vordere Objectiv a und b, welches aus einem
eifachen achromatiſchen Objectivglas a und einem einfachen Linſen-
as b (welches letztere zur Herſtellung einer möglich kurzen Brennweite vor das
romatiſche geſtellt iſt) zuſammengeſetzt iſt, beſteht nothwendig aus dieſen zwei
eilen, indem es ſehr ſchwierig wäre, die geforderte Wirkung durch ein Glas zu
eichen, da die geſammte Brennweite der beiden Gläſer noch nicht 5 ſächſiſche

II.

oll erreichen darf, und die Rundung der Kugelfläche ſchon bedeutend auf ein Glas
rken würde. Beide Gläſer a und b haben 18 Linien Oeffnung und 8 ſächſiſche
oll Brennweite, bilden aber in ihrer Zuſammenſtellung Eins von ungefähr $4^1/_2$
chſiſche Zoll Brennweite. Die converen Flächen ſind nach außen, dem abzubil-

*) Pogg. Ann. Bd. LVI. S. 407.

denden Gegenſtande
ankommt, bilden den
Rohre d hin und her
einfache achroma
weite hat, die aber in
Brennweite bilden.
allen übrigen im Roh
würde. 24 Linien
mit ihren convexe
folgt nun das letzte
6 ſächſ. Zoll Brennw
glasfläche wieder nach
letzte Glas im Rohre
leiht. Es ſei der ab
Vorderglas a und b
den Endpunkten des
hinter dieſem Glaſe,
Convergenz umgekehr
und k das umgekehrte
Von dieſem Punkte
leuchtungsglas i, w

auf 9 Zoll Oeffnun
nicht von großer Be
tig iſt, daß die Fl
eine erhabenere Fläc
dem Apparat ſo bed
ſchliffene Glastafel k
welcher ſich nun das
nachſtehenden Seite
Gehäuſe, B das vor
gepaßt ſein muß, d
das Auszugsrohr zu
von Holz mit verti
großen Sammel=
Zugrohr entfernt ſt
an. G iſt ein Schi
des blendenden Sei
nöthige Thür, zur
K ein Tiſch, worau

gewonnen durch Auflösen dieses Minerals in Königswasser, durch Fällung des Eisens aus der abfiltrirten Flüssigkeit durch benzoesaures Ammoniak; durch Ammoniak wird dann ein Gemenge von Ceroxyd und Ceroxydul niedergeschlagen, welches in Chlorwasserstoffsäure sich auflöst, abgedampft und in einer Retorte erhitzt, bis kein Chlor mehr entweicht, als Cerchlorür zurückbleibt; dieses aufgelöst und mit Kali gefällt, giebt weißes Ceroxydulhydrat, welches beim Auswaschen und Erhitzen sich rasch höher oxydirt. Der mit Kali erhaltene Niederschlag besteht aber, wie man in neuerer Zeit (1839 Mosander) gefunden hat, nicht aus reinem Ceroxydulhydrat, sondern enthält eine bedeutende Menge von Lanthanerde (ungefähr 40 Proc.) und etwas Didymoxyd; zu deren Abscheidung löst man den Kaliniederschlag in Salpetersäure auf, dampft ab, glüht den Rückstand und digerirt ihn mehrere Stunden lang bei gelinder Wärme mit einem Gemisch von 1 Th. Salpetersäure und 50 bis 100 Th. Wasser, wodurch die Lanthanerde aufgelöst wird, während das Ceroxyd nebst einer geringen Menge von Lanthanerde und Didymoxyd ungelöst zurückbleibt. Um das Ceroxyd vollständig zu reinigen, kann man nach Scherer*) dasselbe abermals in Salzsäure auflösen, die Auflösung mit Ammoniak sättigen, essigsaures Ammoniak hinzusetzen und mit oxalsaurem Ammoniak fällen; das ausgeschiedene oxalsaure Ceroxydul wird geglüht und endlich nochmals mit verdünnter Salpetersäure behandelt, um die letzte Spur der Lanthanerde auszuziehen. Das Oxydul ist im reinen wasserfreien Zustande unbekannt; es bildet mit Säuren Salze, von denen die unlöslichen farblos sind, die auflöslichen mit wenig Wasser eine amethystrothe, mit mehr eine farblose Flüssigkeit bilden; sie schmecken süß, zusammenziehend und röthen auch bei völliger Sättigung der Säure noch Lackmus, beim Glühen zersetzen sie sich, wenn die Säure flüchtig ist; die wässerigen Auflösungen werden gefällt durch kaustische und kohlensaure Alkalien, durch phosphorsaures Natron, durch eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Kali (Bildung von schwefelsaurem Ceroxydul-Kali), arsensaures Kali, Kleesäure und kleesaures Kali. Das Ceroxyd (Ce^2O^3) erhält man durch Glühen des Metalls oder des Oxydulhydrats an der Luft oder durch Zersetzung des salpetersauren Ceroxyduls in der Glühhitze; es erscheint im reinen Zustande als ein weißes, kaum gefärbtes, geschmackloses und unschmelzbares Pulver, nur das didymhaltige ist braunroth gefärbt; das Hydrat, wie es durch fixe Alkalien aus den Auflösungen der Ceroxydsalze gefällt wird, ist eine schleimige hellgelbe, beim Trocknen schwefelgelb werdende Masse; die Ceroxydsalze sind im festen Zustande gelb oder roth und ebenso ihre Auflösungen gefärbt. Das Cerium verbrennt, im Schwefeldampfe erhitzt, unter Feuererscheinung zu Schwefelcerium (CeS), welches man auch durch Glühen von 1 Th. Ceroxyd mit 3 Th. Kalischwefelleber und Ausziehen des Schwefelkaliums mit Wasser erhält als eine fettig anzufühlende, bald gelbgrüne, bald goldgelbe, fein krystallinisch-schuppige Masse, welches in Luft und Wasser sich nicht verändert, aber an der Luft erhitzt sich entzündet, mit blauer Flamme unter Entwicklung von schwefeliger Säure zu basisch schwefelsaurem Ceroxyd verbrennt. Das Chlorcerium (CeCl) ist weiß, porös, in der Rothglühhitze schmelzbar und löst sich ohne Rückstand in Wasser auf, aus welcher Auflösung es sich nach dem Eindampfen bis zur Syrupsdicke, mit Wasser verbunden und farblosen vierseitigen säulenförmigen Krystallen wiederum ausscheidet. Das Cerium oder dessen Verbin-

*) Pogg. Ann. Bd. LVI. S. 498.

ungen finden bis jetzt weder in den technischen Gewerben noch in der Medicin, gend eine Anwendung. E. W.

Chamäleon, s. Mangan.

Chamsin, s. Wind.

Charlière, s. Luftball.

Chemie (Scheidekunst, Mischungskunde) ist ein Zweig der Naturwissenschaft, elcher uns diejenigen Aeußerungen der allgemeinen Attractionskraft kennen lehrt, e durch dauernde und wesentliche Veränderungen an den Körpern unseren Sinnen ar werden; die Chemie behandelt die Naturkörper hinsichtlich der Veränderungen, elche sie durch ihre gegenseitige Verwandtschaft oder Affinität erleiden, eine Art r Anziehung, die zwischen heterogenen Körpern nur in unmeßbar kleinen Enfernungen stattfindet, und deren Resultat ein neues gleichartiges Ganzes ist; die hemie kann man also kurz definiren, als „die Lehre von den Verbindungen ungleichartiger Stoffe zu gleichartigen Ganzen und von den Abscheidungen ungleichartiger Stoffe aus gleichartigen Ganzen." Da die dauernden Veränderungen der örper nur durch ihre äußern physischen Eigenschaften erkannt werden können, so hört die Betrachtung der Erscheinungen, welche die Adhäsions- und Cohäsionskraft an den Körpern hervorbringt, sowie deren Verhalten zu den imponderabilen toffen, zu dem Lichte, der Wärme, dem Magnetismus und der Elektricität ebenlls in das Bereich der Chemie, und bei dem Studium der letzteren Wissenschaft ird die Kenntniß der allgemeinen Gesetze, nach welchen die angeführten Erscheinungen auftreten, oder die Lehre der Physik vorausgesetzt und auf dieselbe fortwähnd verwiesen. Die Chemie stellt sich entweder die Aufgabe, als reine Wissenhaft sich weiter auszubilden, ohne irgend einen andern, außer ihr liegenden Zweck verfolgen, sie heißt dann die reine, theoretische, philosophische hemie, — oder sie tritt zu gleicher Zeit als Kunst auf, sie lehrt uns die mechaischen Handgriffe, die Methoden kennen, nach welchen diese Verbindung erzeugt der jene Zersetzung vorgenommen werden muß, sie wird dann die praktische hemie genannt, welche wiederum als synthetische, zusammensetzende, vernigende, oder als analytische, trennende, zerlegende, Chemie bezeichnet werm kann. Die praktische Chemie geht in die angewandte über, wenn sie die ereitung der für das Leben wichtigen Gegenstände im Großen uns mittheilt, elche wieder, je nachdem sie eine besondere Classe jener Gegenstände behandelt, ielfach verschiedene Benennungen erhält, so die technische Chemie, wenn sie ie Künste und Gewerbe unterstützt, die pharmaceutische Chemie, welche ber die Bereitung der Arzneimittel uns Auskunft giebt. Die technische Chemie rfällt in verschiedene Unterabtheilungen, wie die Metallurgie oder Ausscheiung und Gewinnung der nutzbaren Metalle, die Chromurgie oder die Lehre on der Bereitung, der Eigenschaften und der Wirkung der Farbstoffe, Hyalurie oder Glaschemie, Zymotechnie oder Gährungschemie u. s. w. Endlich rhält die Chemie, wenn sie anderen Wissenschaften als Hülfswissenschaft theilweise ch unterordnet, von jenen die Beinamen der physischen, mineralogischen, hysiologischen, medicinischen, ökonomischen Chemie.

Die Entwicklung der Chemie, in praktischer wie in wissenschaftlicher Hinsicht, ehört ganz der neuesten Zeit, fast ausschließlich dem 19. Jahrh. an. Es giebt eine andere Wissenschaft, welche so schnell von der niedrigsten Stufe der Kindheit u der Höhe eines kräftigen Jünglingsalters sich erhoben hätte; es giebt kaum eine

Wissenschaft, deren Vergangenheit so dunkel und bedeutungslos war, deren Gegenwart so stolz und lebensmuthig ist, und deren Zukunft voraussichtlich so glänzend und voll Einfluß auf das ganze geistige und materielle Leben der menschlichen Gesellschaft sein wird. Bevor Stahl den ersten Versuch machte, die wenigen zu seiner Zeit bekannten chemischen Processe und Erscheinungen unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zu bringen, und die Chemie zu dem Range einer selbstständigen Wissenschaft zu erheben, bevor Richter und Berthollet die einfachen Gesetze erforschten, nach welchen die Körper sich gegenseitig anziehen, sei es zur Verbindung oder zur Auflösung und Trennung, bevor Scheele, Priestley u. A. das Gebiet der Chemie durch zahlreiche, glänzende Entdeckungen erweiterten, bevor Lavoisier mit kühner Hand den Thron des Phlogistons umstürzte, bevor namentlich Berzelius und Klaproth den Chemikern die Wichtigkeit einer genauen Wage durch zahlreiche Analysen chemischer Verbindungen kennen lehrten, — war die Chemie weiter nichts als ein Aggregat von einzelnen wenigen lose zusammengestellten Erscheinungen und oberflächlichen Theorien, entweder der Arzneikunde als Dienerin unterworfen, oder im Geiste überspannter Schwärmer oder schlauer Betrüger ein Mittel, unedle Metalle in edle zu verwandeln, und mit der Entdeckung des Steines der Weisen die Hoffnung realisirt zu sehen, ein ewiges Leben schon auf Erden zu erlangen.

Die ältesten Völker, von deren Culturzustand die Bücher der Geschichte erzählen, die Aegypter und Phönizier, eifrig der praktischen Seite des Lebens, der Industrie, dem Handel und der Schifffahrt zugethan, waren schon im Besitz mannigfacher chemischer Kenntnisse, welche, wohl großentheils durch Zufall ihnen überliefert, sie befähigten, verschiedene rohe Naturproducte zu Gegenständen des gewöhnlichen Lebens und der Kunst zu verarbeiten. Sie verstanden nicht allein das Ausscheiden mehrerer Metalle aus ihren Erzen, die Darstellung von Kochsalz, Vitriol, Salmiak, Töpferwaaren, Seife, Essig und anderer Gegenstände, sondern sie wußten auch die Körper vielfach zu mischen und zu zersetzen, um Arzneimittel, Farben und Stoffe zu erlangen, durch welche sie die Leichname vor der Verwesung bewahrten. Selbst der Name der Chemie ist ägyptischen Ursprungs, aber erst bei den Griechen wurde später das Wort *Χημία* in der jetzigen Bedeutung zur Bezeichnung scheidekünstlerischer Versuche und Untersuchungen angewendet, indem sie dieses Wort von der alten Benennung des ägyptischen Landes entlehnten, um anzudeuten, daß die geheimnißvolle Kunst, die Naturkörper aufzulösen und umzuwandeln, von den Aegyptern zuerst ausgeübt und von ihnen auf den griechischen Boden verpflanzt worden sei, wo sie namentlich in den alten Mysterien ihren verborgenen Sitz aufgeschlagen zu haben scheint. Die Griechen haben, nach den Ueberlieferungen, nicht sowohl ihre chemischen Kenntnisse durch directe Beobachtung der Natur zu erweitern, als vielmehr in kühnen und geistreichen Speculationen den Ursprung der Materie zu ergründen versucht; sie ergingen sich, mit ihrer ganzen Geistesrichtung im Einklange, nur in abstracten, philosophischen Betrachtungen über das Metall, und verfolgten mit Aristoteles (384—322 v. Chr.) den Weg der Naturforschung vom Allgemeinen zum Besondern und suchten nicht, wie unsere Zeit, aus einer Menge einzelner Beobachtungen und Untersuchungen die allgemeinen Naturgesetze zu erforschen. Mit der Unterwerfung Griechenlands unter die römische Herrschaft wurde auch unter den Römern, wenn gleich nur selten, der Sinn für die Naturwissenschaft erweckt; es traten Männer auf, welche, wenn auch

weniger durch eigene Forschungen und Entdeckungen ausgezeichnet, doch mit den Kriegsheeren weite Reisen in die über die ganze damals bekannte Erde sich ausdehnenden römischen Provinzen unternahmen, die Natur fremder Länder kennen lernten, die Erfahrungen Anderer sammelten und durch die Schrift späteren Jahrhunderten überlieferten. So war der Arzt **Dioscorides** (um die Mitte des 1sten Jahrhunderts n. Chr., in Kleinasien geboren) berühmt durch seine medicinischen Kenntnisse, die er zum Theil auf langen Reisen gesammelt hatte; er verstand schon die Operation des Destillirens anzuwenden, das Quecksilber aus dem Zinnober abzuscheiden und mehrere chemische Präparate, wie Kalkwasser, Zinkoxyd, Kupfervitriol, Bleiweiß u. s. w. darzustellen. Das wichtigste naturhistorische Werk des Alterthums hat **Plinius** (23—79 n. Chr.) in seiner Historia naturalis hinterlassen, welche uns ein vollständiges Bild giebt von den in keinem inneren Zusammenhange stehenden chemischen Kenntnissen der damaligen Zeit; es ergiebt sich aus diesem Werke, daß die Römer zu den schon den Aegyptern und Griechen bekannten chemischen Processen und Verbindungen gar wenige oder keine wesentlich neue Entdeckungen hinzufügten.

Mit der großen Völkerwanderung wurden in Europa lange Zeit hindurch alle naturwissenschaftlichen Bestrebungen unterdrückt; nur in Aegypten, in dem Lande, von wo sie über den übrigen Erdboden sich verbreitet hatten, und wo sie in den Tempeln von den Priestern als Mysterien seit den ältesten Zeiten betrieben worden waren, fanden sie auch jetzt wiederum Schutz und Pflege. Die Schule der Alexandriner ist es, welche zur Unterstützung der Arzneikunde, wie der Künste und Gewerbe die chemischen Kenntnisse anwandte und erweiterte, und wo seit dem vierten Jahrh. n. Chr. ein neues Zeitalter für die Chemie begann, das Zeitalter der **Alchemie**, durch deren Hülfe man das Geheimniß der Umwandlung der unedlen Metalle in edle, in Gold und Silber zu entdecken hoffte. Als die Kunde der Verbarkeit so vieler Naturkörper sich mehr und mehr erweiterte, als man sah, daß die harten, spröden und oft metallglänzenden Erzen geschmeidige und nutzbare Metalle gebildet werden könnten, war es natürlich, daß man vermuthete, die einzelnen Metalle selbst seien ebenfalls zusammengesetzte Körper und es müsse ein Mittel geben, deren Bestandtheile abzuscheiden, unter welchen man die schönsten, edelsten und theuersten Metalle, das Gold und das Silber aufzufinden hoffte. Schon bei **Plinius** (Hist. natur. 33,22) findet man die erste Spur der Goldmacherei, indem er anführt, daß der Kaiser **Caligula** aus Operment Gold machen lassen wollte. Die Hochschule zu Alexandria ergriff zuerst die Idee der Metallveredelung mit allem Eifer und legte die Resultate ihrer Untersuchungen und Beobachtungen in eigene Schriften nieder, die aber durch ihre geheimnißvolle bilderreiche Darstellung und wunderbare Nomenclatur, wenn sie auch bis auf unsere Zeit sich erhalten haben, doch großentheils völlig unverständlich sind. Von Alexandrien aus ist die Alchemie ausgegangen und fand an den **Arabern** neue Anhänger und Verehrer. Von der Mitte des achten Jahrhunderts an, als sie nach Vollendung ihrer großen Eroberungszüge in verschiedenen Ländern sich festgesetzt hatten; von den Arabern lernten die Franzosen, Italiener, Deutschen und Engländer die Alchemie kennen, mit ihrem ganzen Schwall von dunklen Namen und hochtrabenden Redensarten, und wurde unter diesen Völkern des Abendlandes hauptsächlich erst seit der Mitte des 13. Jahrh. häufiger ausgeübt. Man hoffte auf chemischem Wege ein Präparat zu finden, den **Stein der Weisen**, mittelst dessen jene Umwandlung der

unedlen Metalle in edle bewerkstelligt werden sollte, und welcher zugleich ein Universalmittel gegen alle Krankheiten wäre, fähig, den Körper zu verjüngen und das Leben zu verlängern. Die Metalle wurden angesehen als sämmtlich bestehend aus zwei Urstoffen, welche man Quecksilber und Schwefel nannte, jedoch in ihren Eigenschaften nicht ganz mit den wirklich darstellbaren Körpern dieses Namens übereinstimmend betrachtete; das Quecksilber war gleichsam der Begriff des Unzerstörbaren und Unveränderlichen, dieser Bestandtheil die Ursache des Metallglanzes, der Dehnbarkeit und Schwere; der Schwefel dagegen wurde als das Princip des Veränderlichen und Zersetzbaren in den Metallen, als die Ursache ihrer Farbe betrachtet; beide Bestandtheile sollten sich in den verschiedenen Metallen in verschiedenen Graden der Reinheit und der Fixirung befinden, nach welchen die Schmelzbarkeit und der Werth der Metalle sich bestimmte; so sollte das Gold z. B. eine Verbindung von sehr viel Mercurius und wenig Schwefel, beide Substanzen sehr rein und stark fixirt sein, das Blei enthielte dagegen mehr Schwefel und diesen im unreinen, wenig fixirten Zustande und gemischt mit gleichfalls unreinem, nur theilweise fixirtem Quecksilber. Diese Theorie ward zuerst von Heber (oder Dschafar), dem ältesten und berühmtesten arabischen Alchemisten in der zweiten Hälfte des achten Jahrhunderts, mitgetheilt und ist von ihm, nebst vielfachen empirischen Entdeckungen, wie z. B. die Darstellung von Pottasche und Soda, von Aetzkalk, der Schwefelsäure, Salpetersäure, des Königswassers, des Silbersalpeters, des Quecksilbersublimats, des Quecksilberoxydes, vieler Salze und anderer chemischer Präparate, auf die späteren Alchemisten übergegangen. Während man im achten Jahrhundert nur die Möglichkeit behauptete, daß der Stein der Weisen vom Menschen entdeckt werden könne, so gab es dagegen in den folgenden Jahrhunderten Alchemisten, welche diese Entdeckung wirklich gemacht zu haben versicherten, die Eigenschaften und die Wirkungen des Steines der Weisen ausführlich beschrieben, und sich stützend auf die Leichtgläubigkeit der Hohen wie der Niedrigen als schlaue Betrüger oder als selbst Betrogene von einem Lande ins andere, von einem fürstlichen Hoflager in das andere sich begaben. Nach der Mitte des 12. Jahrh. haben die Araber keinen großen Arzt und Alchemisten mehr aufzuweisen; mit dem Verfall ihrer Herrschaft hörten sie auch auf, dem Studium der Chemie ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Dagegen wurden jetzt nach dem Muster arabischer Institute in Italien und Frankreich wie in Spanien Hochschulen eingerichtet, wie zu Salerno (gegen 1100), Montpellier (1150), Paris (1215), Salamanca (1222), Neapel (1224), Padua (1227) u. a., auf welchen, wie in den Klöstern, namentlich bei den Dominicanern und Benedictinern, neben den andern Wissenschaften, auch die Chemie und Alchemie gepflegt wurden. Albert von Bollstädt (Albertus Magnus † 1280) entdeckte das metallische Arsenik und dessen Schwefelverbindungen, er kannte die Reinigung des Goldes mittelst Blei, und seine Scheidung von Silber durch Salpetersäure. Gleichzeitig mit Albertus Magnus und bald nach ihm trugen andere Alchemisten zur Verbreitung chemischer Kenntnisse und zu deren Erweiterung bei, wie Roger Baco († 1292), Thomas de Aquino († 1274), Arnold Bachuono († 1312), der die Darstellung des Wismuths und mehrerer ätherischer Oele lehrte, Raimund Lullus († 1315), der durch dunkle und verworrene Begriffe, sowie durch seine mystischen Symbole und Namen seinen Nachfolgern das Studium der Chemie noch mehr erschwerte, als dies schon vor ihm der Fall war, — und besonders Basilius Valentinus (um die Mitte und gegen das

nde des 15. Jahrh.), welcher das Zink und Antimon in ihren verſchiedenen Verindungen beſchrieb, die arſenige Säure, den Bleizucker, das eſſigſaure Kupferoxyd, en Eiſenſalmiak, das Knallgold, die Salzſäure, die Darſtellung der Schwefelſäure us Vitriol ſowohl, wie aus Schwefel, die Bereitung des Schwefeläthers und vier anderer Präparate ſeiner Zeitgenoſſen und der Nachwelt in ſeinen Werken mitheilte, wenn auch oft noch ein myſtiſches Dunkel die Beſchreibungen der Operationen, wie der Präparate umhüllt und uns zuweilen hindert, den Sinn ſeiner Worte ar aufzufaſſen.

Im 15. Jahrh. erhielt mit der Erfindung der Buchdruckerkunſt und der Entckung von America, wie alle Naturwiſſenſchaften, ſo auch die Chemie einen neuen ufſchwung; die Zahl der Univerſitäten vermehrte ſich und die Chemie nahm in rer Entwicklung einen neuen Charakter an, der ſchon von Baſilius Valenınus vorbereitet worden war, indem er eine Menge neuer chemiſcher Präparate s Heilmittel anwendete und den Ausſpruch that, daß die Befreiung des Körpers n Krankheit und die Reinigung edler Metalle von beigemiſchten Stoffen analoge, eides chemiſche Proceſſe ſeien. Die Chemie wurde von nun an, außer daß ſie noch mmer zur Metallveredlung dienen ſollte, von einem neuen edleren Principe durchrungen, ſie wurde aufs Innigſte mit der Heilkunde verbunden, faſt einzig und lein von den Aerzten zur Darſtellung der Heilmittel benutzt und von ihnen durch eue Entdeckungen bereichert und erweitert; es iſt das Zeitalter der mediciniſchen Chemie, welches vom Anfang des 16. bis zur Mitte des 17. Jahrh. ſich ſtreckt. Die Chemie ging jetzt in die Hände wiſſenſchaftlich gebildeter Männer ber und wurde von ihnen vorbereitet zu der ſpäteren ehrenvollen Stellung einer lbſtſtändigen Wiſſenſchaft; die Alchemie ſelbſt trennte ſich jetzt von der eigentlichen hemie, ſie wurde von jetzt an großentheils nur von Ignoranten und Betrügern usgeübt, während die Chemie ſelbſt die Erforſchung der zur Heilung von Krankeiten dienenden Präparate und der in ihnen wirkſamen Stoffe ſich zur Aufgabe ellte. Philippus Aureolus Theophraſtus Paracelſus Bomaſtus von Hohenheim († 1541) machte zuerſt die Chemie der Medicin unterpänig, er war der Gründer der neuen Richtung, welche die Chemie in den folgenn Jahrhunderten charakteriſirte; er ſtellte eine große Menge von Arzneimitteln r, aus unorganiſchen Stoffen ſowohl als aus den Pflanzen; er machte Tinctun, Eſſenzen und Extracte und ſelbſt die am heftigſten wirkenden Stoffe, wie Queckſilber, Bleipräparate, ſogar das Arſenik und Vitriolöl wandte er an, nach inem Grundſatze, daß auch die gefährlichſten Gifte unter Umſtänden als Arznei irken können; er lehrte den Proceß der Kupfergewinnung vereinfachen, vermuete ſchon in dem Alaun die Gegenwart einer Erde, in dem Vitriol die eines Meles und nahm in allen Körpern der lebendigen wie der lebloſen Natur drei Elente an, nämlich Schwefel, Queckſilber und Salz. Zeitgenoſſe von Paracelſus war Georg Agricola († 1555) aus Glaucha in Sachſen, welcher vorſweiſe mit der Hüttenkunde oder der Metallurgie ſich beſchäftigte und ſich um Ausſchmelzen der Metalle und die Darſtellung mancher wichtiger chemiſcher parate im Großen weſentliche Verdienſte erwarb. Nach dem Tode von Paraſus erhob ſich ein heftiger Streit über deſſen Anſichten und chemiſch-mediciſche Richtung, welcher jedoch von beiden Seiten mit großer Engherzigkeit geführt rde. Der erſte, welcher ſelbſtſtändig und mit prüfendem Auge die wahren Anrn ſeines Vorgängers von den falſcher zu ſcheiden verſuchte, war Andreas

Libau (Libavius, † 1616) aus Halle; er kämpfte lebhaft gegen die damals so verbreitete Darstellung und den betrügerischen Verkauf von Lebenselixiren und Geheimmitteln; ihm verdanken wir die Entdeckung des Zinnchlorids (spiritus fumans Libavii), er wußte das Gold zum Rothfärben des Glases zu benutzen, und machte den ersten Versuch, zur chemischen Analyse der Körper einige Anleitung zu geben, doch fast allein zur Untersuchung auf trocknem Wege, da ihm die Anwendung von eigentlichen Reagentien noch fremd war. Johann Baptist van Helmont († 1644) aus Brüssel betrachtete das Wässer als den Urstoff aller Dinge, die Erde und Luft nur als Modificationen des Wassers, und glaubte die Umwandlung des letztern in Erde durch den Vegetationsproceß beweisen zu können; er unterschied zuerst mehrere luftartige Körper, führte den generischen Namen Gas ein und bemerkte, daß durch gewisse brennende Körper das Volumen der atmosphärischen Luft sich vermindert; er entdeckte und beschrieb das kohlensaure Gas, welches bei der Gährung von Wein und Bier sich entwickelt, beim Verbrennen der Kohle und Uebergießen von Kalkstein mit Essig oder Schwefelsäure sich bildet; er wußte die Kieselerde mit Alkali zu Glas zusammen zu schmelzen und aus diesem Glase mittelst Säuren die Kieselerde wiederum auszuscheiden. Durch Van Helmont wurde die Vereinigung zwischen der Medicin und der Chemie noch inniger wie bisher. Glauber († 1668), Sylvius († 1672), Otto Tachenius u. A. erweiterten das Gebiet der Chemie mit vielen wichtigen und interessanten Entdeckungen, in ihnen fand aber auch die medicinische Chemie oder die Iatrochemie ihre letzten Vertreter, denn seitdem man angefangen hatte, den Ausspruch des unsterblichen Franz Baco v. Verulam († 1626) zu beherzigen, daß man, um sich zum Gebieter über die Natur zu machen, damit anfangen müsse, sich ihr unterzuordnen, seitdem Männer, wie Keppler, Galiläi, Toricelli, Guerike, Carteſius u. A. die Physik wesentlich vervollkommnet und bereichert hatten, konnte auch deren Schwester, die Chemie, nicht mehr in den Fesseln der Arzneikunde zurückbleiben, sie mußte sich frei machen und selbstständig allmälig in die Reihe der Wissenschaften eintreten. „Der Mensch", sagt Baco, „ist nur der Dolmetscher der Natur und ihr Diener; er kann auf keine andere Art die Wahrheit enthüllen, als durch Induction, und durch rastlose, vorurtheilsfreie Beobachtung der Natur und Nachahmung ihrer Operationen. Thatsachen muß man zuerst sammeln, nicht durch Speculationen machen." Von diesem Grundsatz ausgehend hat die neuere Chemie, sich als Ganzes zusammenfassend und selbstständig aus sich selbst sich herausbildend, den ganzen Schwall von kabalistischen, magischen, theophilosophischen und alchemistischen Ideen, Symbolen und Namen allmälig von sich entfernt und schreitet nunmehr als empirische Wissenschaft, kräftig und fördernd ins praktische Leben eingreifend, rasch einer immer höheren Vervollkommnung entgegen.

Robert Boyle, einem Irländer († 1691), gebührt vorzugsweise das Verdienst, sich zuerst von dem eitlen Bestreben, den Stein der Weisen aufzufinden gänzlich losgemacht zu haben, und die Chemie ihrem wahren Zwecke, der reinen Erforschung der ewigen Naturgesetze zugewendet zu haben. Angeregt durch die glänzenden Entdeckungen seiner Zeit auf dem Gebiete der Physik, erkannte er den nahen Zusammenhang beider Wissenschaften und wendete seine Aufmerksamkeit zuerst auf die Erscheinungen und chemischen Processe, an welchen die atmosphärische Luft thätigen Antheil nimmt; er erkannte, daß die Luft durch brennende Körper

und das Athmen der Thiere, ohne an ihrer Elasticität zu verlieren, nach und nach verdorben würde und unfähig, diese Processe ferner zu unterhalten, und er schloß aber aus dieser Wahrnehmung, daß die Luft einen Bestandtheil enthalten müsse, der den Athmungsproceß unterhalte, einen Stoff, dem etwas später Joh. Magow († 1697) die Fähigkeit zuschrieb, in den Lungen die thierische Wärme zu erzeugen, und ihm den Namen Spiritus nitro-aëreus beilegte. Boyle fand ferner schon, daß die Metalle bei ihrer Verkalkung oder Oxydation an Gewicht zunehmen, eine Thatsache, die im J. 1630 von Joh. Rey bestätigt wurde und bekanntlich viel später zum großen Theil den Sturz der phlogistischen Theorie veranlaßte; Boyle führte zuerst den Gebrauch der Reagentien in die Chemie ein, und machte bereits den Versuch, die Metalle nach ihrer Verwandtschaft zu den Säuren zu ordnen. Kunkel aus Holstein († 1702), ein Zeitgenosse Boyle's, war ein geschickter Experimentator und entdeckte die richtige Methode zur Bereitung des von Brandt entdeckten Phosphors, des Salpeteräthers und anderer Präparate. Joh. Joachim Becher († 1682) theilte die Mineralien ein nach ihrem chemischen Verhalten, entwarf den ersten Versuch zu einer Theorie der Gährung und hinterließ eine Menge Schriften, welche aber, in einer mystischen Sprache abgefaßt, lange Zeit ziemlich unbemerkt blieben, bis Stahl auf viele darin enthaltene werthvolle Beobachtungen und theoretische Andeutungen hinwies.

Das Gebiet der Chemie wurde immer ausgedehnter, seitdem man angefangen hatte, mit dem Studium der Chemie im wahren Sinne des Wortes die Erforschung der Natur zu verbinden, die in immer größerer Anzahl gegründeten Universitäten, sowie die in Paris und Berlin eingerichteten Academien der Wissenschaften wirkten fördernd auf die Vervollkommnung chemischer Kenntnisse ein, pharmaceutisch-chemische Lehrbücher im Sinne der neueren Richtung wurden geschrieben von Arnaud, Le Fevre, Lemery, Ettmüller, Wedel u. A., und immer mehr stellte sich das Bedürfniß heraus, die zahlreichen, bisher ohne Zusammenhang dastehenden Erscheinungen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zusammenzufassen, eine umfassende Theorie der Chemie den bisher erforschten Thatsachen anzupassen. Man hatte erkannt, daß bei der Verbrennung, beim Athmen, bei der Gährung ꝛc. ähnliche Producte sich entwickelten und also auch eine ähnliche Ursache diesen Processen zu Grunde liegen müsse; man hatte bereits gefunden, daß auf alle diese Erscheinungen, wie ferner auf die Verkalkung, die Entkalkung, Säure- und Salzbildung ein und dasselbe Princip einwirken müsse, nämlich die Verschiedenheit, Heterogeneität der Stoffe, die chemische Anziehungskraft oder Verwandtschaft. Fr. Geoffroy († 1731) hat zuerst vollständigere Verwandtschaftstabellen aufgestellt und gezeigt, daß die Salze immer ein bestimmtes Verhältniß an Säure enthalten und daß verschiedene Säuren in den Salzen sich gegenseitig ersetzen können. Vor Allen aber hat G. E. Stahl († 1734) die Veränderungen, welche die Körper durch das Feuer erleiden, als eine und dieselbe Erscheinung zusammengefaßt, indem er allen verbrennlichen Körpern, je nach dem Grad ihrer Verbrennlichkeit, einen größeren oder geringeren Gehalt an einem eigenthümlichen Stoff, einem brennbaren Wesen, welches er Phlogiston nannte, zuschrieb; er wurde der Gründer der phlogistischen Theorie, welche mit allen ihren Irthümern doch wesentlich zur Erweiterung chemischer Kenntnisse beitrug; sie wurde allgemein als richtig angenommen und war anderthalb Jahrhunderte hindurch die einzige und allein herrschende, so daß, als Lavoisier sie gegen Ende des 18. Jahrh. anzu-

greifen wagte, erst ein langer, lebhafter und für die Wissenschaft selbst höchst fruchtbarer Streit geführt werden mußte, ehe das alte Gebäude zusammenstürzte und auf seinen Trümmern die Chemie unserer Zeit sich erhob. Das Phlogiston ist nach Stahl in allen Metallen, wie in noch höherem Grade in allen verbrennbaren Körpern enthalten, besonders im Phosphor, Schwefel, Kohle ꝛc.; mit deren Verbrennung wird dasselbe ausgetrieben und die übrigen Bestandtheile des Körpers treten dann in ihrer Reinheit und Deutlichkeit hervor, in dem Schwefel und Phosphor ist also nach Stahl eine Säure, in den Metallen kalkartige Stoffe enthalten; erhitzt man diese Säuren oder Metallkalke mit einem an Phlogiston besonders reichen Körper, wie mit Kohle, so tritt das Phlogiston von diesem Körper wieder an jene über und es entsteht wiederum Schwefel, Phosphor und reguliniſches Metall. Wenn die Luft die Verbrennung nicht ferner unterhalten konnte, so hieß sie mit Phlogiston gesättigt oder phlogistisirt; den verbrannten Körper nannte man dephlogistisirt, welches also gleichbedeutend mit verbrannt war. Das Phlogiston war ein hypothetischer Körper, aber dessenungeachtet nahmen Stahl, wie dessen Nachfolger, die Existenz desselben als so ausgemacht und unzweifelhaft an, daß sie nicht einmal den Versuch machten, diesen Stoff zu isoliren und mit anderen bekannten Körpern zu vergleichen; nur später traten Chemiker auf, welche das Phlogiston mit dem Lichtstoff identificirten, oder gar den färbenden Bestandtheil des Berlinerblaus als reines Phlogiston ansprachen, auch gegen Ende dieser Periode das Wasserstoffgas mit dem Phlogiston für gleichbedeutend hielten. Es mußte daher bald eine Verwirrung der verschiedenen Benennungen sich einstellen; so nannten z. B. Priestley, Cavendish u. A. den Sauerstoff dephlogistisirtes Wasser, seines Wasserstoffes beraubtes Wasser, obgleich man auch von denselben Chemikern die brennbare Luft als phlogistisirtes Wasser bezeichnet findet. Stahl definirte die Chemie als die Kunst, zusammengesetzte Körper in ihre Bestandtheile zu zerlegen und aus diesen die Verbindungen wieder zusammenzusetzen. Das Zeitalter der phlogistischen Theorie erkannte, daß alle Körper aus unzerlegbaren Urstoffen, Elementen zusammengesetzt seien, welche freilich noch als lauter hypothetische Grundstoffe bezeichnet wurden; die analytische Chemie wurde, unterstützt und gefördert durch solche Ansichten, während dieser Periode zu größerer Vollkommenheit ausgebildet. Als Zeitgenossen Stahl's bereicherten Hoffmann und Boerhave die Chemie mit vielen Untersuchungen und Entdeckungen, Marggraf († 1782) zerlegte eine große Menge Mineralkörper, St. Hales untersuchte mit dem pneumatischen Apparate die Verbrennungsproducte vieler organischer und unorganischer Körper und ward dadurch Priestley's Vorgänger in der pneumatischen Chemie, eine Bahn, auf welcher Joh. Black († 1799), Cavendish († 1809) u. A. rüstig fortarbeiteten. Die mathematische Seite der theoretischen Chemie, die Erforschung der Gesetze, nach welchen die quantitativen Verhältnisse, in welchen die Stoffe sich vereinigen, bestimmt werden, fand ebenfalls ihre Ausbildung, wenn sie gleich bei der Ungenauigkeit der bisherigen Analysen nur dieser entsprechende, d. h. langsame Fortschritte machen und unvollkommen sich entwickeln konnte. Die mit Glück von Geoffroy begonnenen Untersuchungen wurden von Erxleben, Gellert u. A. fortgesetzt und namentlich von Torbern Bergmann († 1784) weiter ausgeführt; er gründete in Folge zahlreicher Analysen ein neues Mineralsystem, er gab zuerst eine vollständigere Lehre über die Reagentien und deren Wirkung und er führte schon die Analyse auf nassem Wege mit ein-

ger Vollkommenheit aus, er gab eine Anleitung zur Unterſuchung von Gasgemen-
gen bei der Analyſe der Mineralwaſſer, und für die Analyſe auf trocknem Wege
hat er weſentliche Verdienſte, indem er den Gebrauch des Löthrohrs zu verallgemei-
nern und namentlich für die Beſtimmung und Unterſcheidung der Mineralien geeig-
net zu machen ſuchte; ſeine wichtigſten Arbeiten bezogen ſich aber auf die Lehre
von der Verwandtſchaft; er berichtigte und erweiterte die ſchon von Geoffroy
aufgeſtellten Verwandtſchaftstafeln, beſtimmte die gegenſeitige Affinität für nicht
weniger als 59 verſchiedene Körper und zwar ſtets in zwei Reihen das Verhalten
auf trocknem Wege ſowohl als auf naſſem; auch die Erſcheinungen der doppelten
Wahlverwandtſchaft zog er in das Bereich ſeiner Unterſuchungen und erklärte die-
ſelbe dadurch, daß die größte Summe der Anziehungen unter je zweien der einzel-
nen Beſtandtheile den Erfolg der Zerſetzung bedinge; ſelbſt den Zuſammenhang
zwiſchen der Stärke der Verwandtſchaft zweier Beſtandtheile einer Verbindung zu
einander und dem Mengeverhältniß, in welchem ſie ſich verbinden, ſuchte er auszu-
mitteln. Den Schluß des Zeitalters der phlogiſtiſchen Chemie und zugleich den
Übergang zu der folgenden Periode der Geſchichte der Chemie bezeichnen zwei
Männer, denen für alle Zeiten eine Stelle unter den ausgezeichneteſten Männern
der Wiſſenſchaft geſichert bleibt, nämlich Scheele und Prieſtley. Carl Wilh.
Scheele aus Stralſund († 1786) hat die Chemie mit unzähligen der glänzend-
ſten Entdeckungen aus der organiſchen wie der unorganiſchen Welt bereichert; durch
ſeine gründlichen Unterſuchungen über die Verbrennung, Verkalkung, den Ath-
mungs- und Vegetationsproceß bahnte er den Weg zu einem neuen glänzenden
Zeitalter der Chemie, und er war recht eigentlich der Vorläufer Lavoiſier's,
obgleich er ſelbſt noch im Geiſte der Anhänger des Phlogiſtons nur auf qualita-
tive Thatſachen, nicht auf quantitative Verhältniſſe ſeine Anſichten gründete.
Scheele entdeckte, daß die atmoſphäriſche Luft aus zwei Gaſen beſtehe, von denen
den vorzugsweiſe wirkenden Beſtandtheil die Feuerluft nannte, welcher etwas
früher ſchon, den 1. Aug. 1774, von Prieſtley aus dem Queckſilberoxyd und
dem Braunſtein rein dargeſtellt worden war. Joh. Prieſtley († 1804) er-
warb ſich ganz beſonderes Verdienſt um die Chemie durch genauere Unterſuchung
der Gaſe, deren er viele und wichtige entdeckte; er wandte das Salpetergas zur
Analyſe der Luft an, deſſen ſich jedoch Cavendiſh zuerſt mit größerer Sicherheit
zu dieſen Zweck bediente; er beobachtete auch, daß Sauerſtoffgas von der lebenden
Pflanze ausgeſchieden werde und ſchloß aus dieſer und andern Beobachtungen, daß
die durch den Athmungs- und Verbrennungsproceß verdorbene Luft durch den Ve-
getationsproceß wieder verbeſſert und aufs Neue befähigt werde, jene Proceſſe zu
unterhalten, ſo daß alſo durch dieſe Wechſelwirkung die Zuſammenſetzung der At-
moſphäre ſtets unverändert ſich erhielte. Prieſtley war der letzte eifrige Ver-
theidiger des Phlogiſtons und hielt feſt an demſelben bis an ſeinen Tod, ſelbſt
nachdem ſchon längſt die antiphlogiſtiſche Theorie allgemeine Anerkennung ſich ver-
ſchafft hatte. Außer den Entdeckungen Scheele's und Prieſtley's, welche als
die Grundlagen eines neu entſtehenden Gebäudes betrachtet werden können, erwäh-
nen wir noch der wichtigen Unterſuchungen von Cavendiſh († 1810), welcher
ein Zeitgenoſſe Prieſtley's, wie dieſer niemals als Gegner der phlogiſtiſchen
Theorie ſich bekannte, ungeachtet ſeine eignen Entdeckungen vorzugsweiſe als Stütze
der neuen antiphlogiſtiſchen Theorie dienten; er wies nämlich zuerſt nach, daß das
Waſſer aus Waſſerſtoff und Sauerſtoff zuſammengeſetzt ſei, indem er aus beiden

Gasarten durch Verbrennung derselben künstliches Wasser bereitete von gleichem Gewichte, wie das der beiden Gasarten zusammen war; er fand, daß salpetrige Säure sich erzeuge, wenn Stickoxyd mit dem Sauerstoff der Atmosphäre sich verbindet, und daß die Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff bestehe, indem er diese Säure aus einem Gemenge beider Gase bildete, durch welches er anhaltend elektrische Funken durchschlagen ließ. Diese quantitativen Untersuchungen mußten ganz natürlich zum Sturze des Phlogistons führen.

Lavoisier († 1794) war es vorbehalten, mit Benutzung früher erforschter Thatsachen und gestützt auf eigene, an Genauigkeit alles Frühere übertreffende Untersuchungen, die Unhaltbarkeit der phlogistischen Theorie in ihrem ganzen Umfang nachzuweisen. Er fand mit Hülfe der verbesserten Wage, daß bei der Verkalkung der Metalle nicht, wie man früher glaubte, eine Zersetzung, eine Entweichung eines luftförmigen, unwägbaren oder sogar negativ schweren Körpers stattfinde, sondern vielmehr eine Verbindung zweier wägbarer Körper vor sich gehe; er fand nämlich, daß die Gewichtszunahme bei dem Verkalken genau dem Gewichte des Metalles plus dem des aus der atmosphärischen Luft verzehrten Gases sei; die Luft wog genau so viel weniger, als das Metall an Gewicht zugenommen hatte; der Körper, welcher mit dem Metalle eine Verbindung einging, wurde sehr bald als die Feuerluft oder Lebensluft erkannt; ebenso zeigte Lavoisier, daß bei der Reduction der Metallkalke durch Kohle die durch Verbrennung der letztern gebildete Luft genau so viel wog, als die Kohle und der Metallkalk an Gewicht verloren hatten, und daß die neu gebildete Luft gleichbedeutend sei mit der früher fixe Luft oder Luftsäure genannten Substanz, aus Kohlenstoff und Lebensluft bestehe und mit dem Namen der Kohlensäure zu bezeichnen sei. Denselben Bestandtheil, die Lebensluft, fand Lavoisier in vielen andern Säuren, selbst in den Pflanzensäuren und sah dieses Gas deswegen als das allgemeine säurebildende Princip an und nannte es Oxygène, und da die Verbindungen der Metalle mit diesem Körper nicht eigentliche Säuren waren, so nannte er dieselben Oxyde. Es begann jetzt das Zeitalter der quantitativen Untersuchungen; die von Lavoisier in die Wissenschaft eingeführten Gewichtsbestimmungen wurden auf alle Theile der Chemie ausgedehnt und vorzugsweise die Lehre von der Verwandtschaft umgestaltet, indem dieselbe durch die neu aufgefundenen Proportionen, nach welchen die Körper mit einander in Verbindung treten, eine wesentliche Veränderung erleiden mußte. Als man die künstlich dargestellten, wie die in der Natur vorkommenden Verbindungen der quantitativen Analyse unterwarf und fand, daß mit einer gewissen Menge einer und derselben Substanz auch stets bestimmte Mengen anderer Körper sich vereinigen, wurde der Begriff des chemischen Aequivalentes in die Wissenschaft eingeführt; das Aequivalentgewicht einer Verbindung ergab sich entweder einfach als die Summe der Aequivalentgewichte ihrer Bestandtheile, oder die letztern waren in bestimmten multiplen Proportionen zugegen; es wurde der Grund zur Stöchiometrie (s. d. Art.) gelegt oder zu der Lehre von den constanten, einfachen Gewichtsverhältnissen, welche die Körper bei ihrer gegenseitigen Vereinigung stets unter sich beobachten. Zur Erklärung dieser Gesetzmäßigkeit wurde die Atomentheorie aufgestellt, welche für die Entwicklung der Chemie eine besondere Bedeutung gewann, als man die Atome mit den Aequivalenten als gleichbedeutend oder in sehr naher Beziehung stehend erkannte; man fand ferner, daß die Körper nicht nur nach bestimmten Gewichtsverhältnissen zusammentreten, sondern auch den

Maße, dem Volumen nach in einfachen Proportionen sich verbinden; die Volumtheorie wurde eine Stütze der Atomtheorie. Von großer Bedeutung aber für die theoretischen Bestrebungen dieses Zeitalters wurde der innige Zusammenhang, welcher jetzt zwischen der Physik und der Chemie immer klarer sich herausstellte; die Dichtigkeit der gasförmigen Körper wurde ein Moment für die Bestimmung ihrer atomistischen Zusammensetzung, die specifische Wärme und andere Erscheinungen an den Körpern, welche bisher ausschließlich als der Physik angehörig betrachtet worden waren, gewannen neues Interesse, als man entdeckte, daß die physikalischen Eigenschaften eines Körpers mit seiner chemischen Zusammensetzung in genauem Zusammenhange stehen, und die ersteren zum großen Theil eine Folge der letztern sind, aus seiner chemischen Zusammensetzung sich ableiten lassen. Ganz besonders trug die Erkenntniß und das Studium der Wechselwirkung zwischen Elektricität und der chemischen Verwandtschaft der Körper dazu bei, die letztere in ihren Eigenthümlichkeiten näher kennen zu lernen und klarer aufzufassen; die chemischen Verbindungen und Zersetzungen, welche durch den galvanischen Strom bewerkstelligt wurden, wie auf der andern Seite die Entdeckung, daß durch den chemischen Proceß Elektricität erzeugt werde, führten zu der Ansicht, daß die chemische Verwandtschaft der Körper nichts anderes sei, als die Anziehung der entgegengesetzten Pole, zweier mit entgegengesetzter Elektricität versehener Körper, mit deren Vereinigung die elektrische Spannung gänzlich oder zum Theil aufhöre und nur durch Zuführung von freier negativer oder positiver Elektricität aufs Neue wiederum hervorgebracht werden könne bis zur Trennung und Zerlegung der Verbindung, wenn eben die Atome des einen Bestandtheiles vermöge ihrer Eigenthümlichkeit eine höhere polarische Spannung annehmen als die des andern und dadurch sich gegenseitig abstoßen, von einander entfernen. Berzelius wurde der Gründer der elektro-chemischen Theorie, welche, allgemein angenommen, noch bis auf den heutigen Tag ihre Herrschaft behauptet hat, wenn man gleich in der neuesten Zeit, namentlich durch Beobachtungen veranlaßt, welche auf dem Gebiete der gegenwärtig kräftig sich entwickelnden organischen Chemie gemacht worden sind, besonders von Frankreich aus versucht, die allgemeine Gültigkeit dieser Theorie anzugreifen und dieselbe dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft nicht als völlig genügend betrachtet. (Vergl. d. Art. Elektrochemie.)

Für die Verbreitung der antiphlogistischen Theorie waren unter den Zeitgenossen und Landsleuten Lavoisier's besonders Berthollet, Guyton de Morveau und Fourcroy thätig, welche durch zahlreiche und interessante Untersuchungen sich einen bleibenden Namen in der Geschichte der Chemie erworben haben, und unter denen de Morveau († 1816) eine mit den neueren Forschungen und theoretischen Ansichten im Einklange stehende Nomenclatur einführte, welche Kürze und Wohllaut mit der Andeutung der chemischen Zusammensetzung verband und nach einem Principe ausgearbeitet war, welches bis in die neueste Zeit die chemische Nomenclatur festgehalten hat. François de Fourcroy († 1809) unterwarf eine große Anzahl organischer Stoffe der Untersuchung, wie besonders die Bestandtheile des thierischen Körpers im gesunden und kranken Zustande, zum Theil in Gemeinschaft mit Vauquelin († 1829), welcher denselben Weg später allein weiter verfolgte und Arbeiten lieferte, durch welche namentlich die analytische Chemie zu einer höhern Vervollkommnung und Sicherheit gelangte und die organische Chemie für ihre jetzige Ausbildung vorbereitet wurde. Ber-

tholle t († 1822) war der geiſtreichſte Anhänger der Lavoiſier'ſchen Lehre und der ſcharfſinnigſte Chemiker ſeiner Zeit; ihm verdanken wir genauere Unterſuchungen über das Ammoniak, das Chlor, die Blauſäure, das Schwefelwaſſerſtoffgas, und ganz beſonders wichtige Arbeiten über die Verwandtſchaft; er lehrte unt. daß der Erfolg der chemiſchen Anziehungskraft zwiſchen zwei oder mehreren Körpern keineswegs durch die größere oder geringere Stärke derſelben allein bedingt werde, ſondern die Cohäſion und Elaſticität der neu ſich bildenden Körper einen weſentlichen Einfluß ausüben; denn da die Verwandtſchaft nur bei unmittelbarer Berührung der kleinſten Theilchen der Körper ſich äußern kann, ſo muß ſich ein Körper der chemiſchen Action auch entziehen durch Unlöslichkeit oder durch Entweichen im gasförmigen Zuſtande. Berthollet war der Anſicht, daß zwei Körper in allen Verhältniſſen ſich vereinigen könnten, wenigſtens innerhalb zweier äußerſten Grenzen, und daß nur das Vorwalten von Cohäſion oder Elaſticität bei einem Körper, zu deſſen Aufhebung eine gewiſſe Menge eines andern nöthig ſei, das Vorkommen beſtimmter Proportionen in den Verbindungen bedinge; — eine Anſicht, welche zwiſchen Berthollet und Prouſt († 1826) einen lebhaften wiſſenſchaftlichen Streit herbeiführte, welcher von beiden Seiten mit ebenſo großer Mäßigung als Scharfſinn geführt und endlich zu Gunſten des Letzteren entſchieden wurde, indem durch zahlreiche genaue Analyſen und Verſuche allgemein die Ueberzeugung ſich verbreitete, daß je zwei verſchiedene Körper nur in wenigen und ſprungweiſe ſich ändernden Verhältniſſen zu chemiſchen Verbindungen ſich vereinigen. Klaproth († 1817) war der erſte Chemiker Deutſchlands, welcher ſich für die antiphlogiſtiſche Theorie erklärte und damit ſich der quantitativen Unterſuchungsweiſe zuwandte, welche er ſelbſtſtändig weiter führte, und hinſichtlich der Mineralanalyſen zu einem hohen Grade der Genauigkeit vervollkommnete; er bereicherte das Gebiet der Chemie durch die Entdeckung einer Menge neuer unzerlegbarer Stoffe oder Elemente und die Beſchreibung ihrer Verbindungen. Die Analyſen Klaproth's, wie ſeines Zeitgenoſſen Vauquelin, dienten als glänzende Beſtätigung der von Prouſt zuerſt erkannten Wahrheit, daß alle chemiſchen Verbindungen nach feſten und beſtimmten Verhältniſſen zuſammengeſetzt ſind. Während des Kampfes der antiphlogiſtiſchen gegen die phlogiſtiſche Theorie und während der Streit zwiſchen Berthollet und Prouſt die Aufmerkſamkeit der Chemiker auf ſich zog, fanden Wenzel bereits 1777 und nach ihm Richter (von 178[illegible] an), daß gewiſſe Neutraliſationsreihen hinſichtlich der Säuren und Baſen aufgeſtellt werden könnten, indem diejenigen Quantitäten verſchiedener Baſen, welche eine beſtimmte Gewichtsmenge einer Säure neutraliſiren, auch eine und dieſelbe Quantität jeder andern Säure zu neutraliſiren im Stande ſein, und daß alſo die genaue Analyſe aller Salze einer Säure und eines Salzes jeder andern Säure hinreiche, um durch einfache Rechnung die Zuſammenſetzung aller übrigen Salze aufzufinden (ſ. d. Art. Stöchiometrie). John Dalton wurde der eigentliche Gründer der Lehre von den chemiſchen Aequivalenten oder der atomiſtiſchen Theorie; er ſchloß aus der Thatſache, daß, wenn ein Körper mit einem andern ſich in mehreren Verhältniſſen verbindet, dieſes immer in Gewichtsmengen geſchieht, die unter ſich eine ganz einfache Zahlenproportion bilden, auf die Exiſtenz von kleinſten Theilchen, deren Gewicht bei jedem Elemente verſchieden iſt; aus der Vereinigung weniger Atome zweier Körper entſteht das Atom einer Verbindung, ſo daß ein Atom des einen Beſtandtheils ſich mit 1, 2 oder 3 At. des andern vereinigt

Eine Erweiterung erlitt die Atomtheorie durch die glänzenden Arbeiten Gay-Lussac's, welcher darthat, daß die Körper nicht allein nach bestimmtem Gewichte, sondern auch nach einfachen Volumverhältnissen sich vereinigen, und daß die Zahl der Volumina in einer Verbindung meist übereinstimmend sei mit der ihrer Atome. Gay-Lussac untersuchte, zum Theil im Verein mit andern Chemikern und Physikern, wie Alex. v. Humboldt, Thenard und Liebig, eine Menge für die Entwicklung der Chemie wichtiger Gegenstände, und gleichzeitig wurde die Elektrochemie (s. d. Art.), worüber zuerst Nicholson und Carlisle Beobachtungen mitgetheilt hatten, durch die Forschungen von Berzelius, Hisinger, H. Davy u. A. ausgebildet, und namentlich durch den Ersten die Bedeutung der elektrochemischen Erscheinung für die Erklärung der Ursache chemischer Processe überhaupt dargethan. Die zahlreichen und musterhaften Untersuchungen, welche Berzelius während dieses Jahrhunderts in ununterbrochener Thätigkeit ausführte, dienten zur Bestätigung der atomistischen Theorie und der Lehre von den multiplen Proportionen, und brachten erst die durchgreifende Sicherheit in der praktischen Ausführung chemischer Untersuchungen, wie in der Klarheit theoretischer Anschauungen hervor, deren wir uns gegenwärtig rühmen können; er erhob die Chemie erst vollständig zu dem unbestrittenen Range einer selbstständigen, hochgeachteten und über die ganze Naturforschung ein immer helleres Licht verbreitenden Wissenschaft; er war auch, nebst Gay-Lussac und Thenard, thätig auf dem Gebiete der organischen Chemie, es wurden von ihm und den angeführten Männern zuerst genaue Elementaranalysen ausgeführt und mit der Vereinfachung der Methode der letztern der feste Grundstein gelegt zu der von jetzt an rasch sich entwickelnden und vervollkommnenden Lehre der organischen Verbindungen. Die jetzigen Koryphäen der Wissenschaft, Männer wie Faraday, bekannt durch seine elektrochemischen Forschungen, Mitscherlich, mit dessen Entdeckung des Isomorphismus die Chemie einen neuen Aufschwung erhielt, H. Rose, ausgezeichnet durch seine Verdienste um die analytische Chemie, und besonders Liebig, Wöhler und Dumas, denen wir vor Allen die raschen Fortschritte verdanken, welche die organische Chemie in den letzten Jahrzehnten gemacht hat, diese Männer arbeiten noch gegenwärtig rastlos thätig fort, von Jahr zu Jahr bereichern sie die Wissenschaft mit wichtigen Entdeckungen und geistreichen Ideen, welche von ihren Schülern aufgenommen und erweitert, mit Recht das Staunen und die Bewunderung der Mitwelt erregen; täglich nimmt mit der allgemeinen Begeisterung für die Chemie auch die Zahl ihrer Jünger zu, und täglich gewinnt sie an Bedeutung für eine gründliche und klare Auffassung der übrigen Naturwissenschaften, sowie an Einfluß auf Handel, Industrie und Gewerbe, auf die ganze materielle und geistige Wohlfahrt des Menschen.

Am Schluß dieser Uebersicht der Entwicklungsgeschichte der Chemie theilen wir kurz die wichtigere chemische Literatur mit, wobei wir vorzugsweise auf die chemischen Zeitschriften Rücksicht nehmen zu müssen glauben, da die Chemie nur mit Benutzung derselben gründlich studirt werden kann, indem hier sämmtliche Original-Arbeiten niedergelegt und von hier aus erst in die zahlreichen Lehr- und Handbücher, sowie in Einzelschriften übergegangen sind, von welchen wir nur beispielsweise einige der verbreiteteren anführen wollen.

Aeltere chemische Zeitschriften, welche gegenwärtig nicht mehr erscheinen:

Chemisches Journal für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen, von Dr. Lorenz Crell; Lemgo 1778—1781. 6 Bände.

Die neuesten Entdeckungen in der Chemie, gesammelt von Dr. Lor. Crell; Leipzig 1781—1784. 12 Theile.

Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen, von Dr. Lor. Crell; Helmstädt 1784—1803. 40 Thle.

Allgemeines Journal der Chemie, herausgeg. v. Alex. Nic. Scherer; Leipzig 1799—1803. 10 Thle.

Nordische Blätter für die Chemie, v. Alex. Nic. Scherer; Halle 1817. 1 Bd.

Allgemeine Nordische Annalen für die Chemie, v. Alex. Nic. Scherer. Petersburg 1819—1822. 8 Bde.

Neues allgemeines Journal der Chemie, v. Dr. A. F. Gehler; Berlin 1803—1806. 3 Thle.

Journal für die Chemie und Physik, v. Dr. A. F. Gehler; Berlin 1806—1807. Thl. 1—3; Journal für die Chemie, Physik und Mineralogie, 1807—1810. Thl. 4—9.

Journal für Chemie und Physik, v. Joh. Sam. Schweigger, zeitweise zugleich von Meinecke und Schweigger-Seidel; Halle 1811—1833. 69 Bde.

Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde, v. Joh. Heinr. Voigt; Jena, Weimar 1797—1806. 12 Bde.

Journal der Physik, v. F. A. C. Gren; Halle u. Leipz. 1790—1794. 8 Bde.

Neues Journal der Physik, v. F. A. C. Gren; Leipzig 1795—1797. 4 Bde.

Annalen der Physik, angefangen von Dr. F. A. C. Gren, fortgesetzt von Ludw. Wilh. Gilbert; Halle 1799—1824. 76 Bde.

Journal der Pharmacie für Aerzte u. Apotheker, v. Dr. Joh. Barth. Trommsdorff; Leipzig 1794—1816. 26 Bde.

Neues Journal der Pharmacie für Aerzte, Apotheker und Chemiker, v. Dr. Joh. Barth. Trommsdorff; Leipzig 1817—1833. 27 Bde.

Archiv des Apothekervereins im nördl. Deutschland für Pharmacie und deren Hülfswissenschaften, von Dr. Rud. Brandes; Schmalkalden 1822—1824, dann Lemgo 1824—1831. 39 Bde.

Taschenbuch für Scheidekünstler u. Apotheker; Weimar 1780—1829. 50 Bde.

Magazin für Pharmacie und die dahin einschlagenden Wissenschaften, zuerst v. Dr. G. Fr. Hänle (1823 u. 1824), dann v. Dr. Ph. L. Geiger, 1824—1831. Karlsruhe, 36 Bde.

Journal für technische und ökonomische Chemie, von O. L. Erdmann; Leipzig 1828—1833. 18 Bde.

Archiv für die gesammte Naturlehre, von K. W. G. Kastner; Erlangen. Von 1830 an, mit dem 19. Bande, unter dem Titel: Archiv für Chemie und Meteorologie. Im Ganzen 1824—1835. 27 Bde.

Zeitschrift für Physik u. Mathematik, von Baumgartner u. Ettingshausen; Wien 1826—1831. 10 Bde.

Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts, par Rozier, — Delamétherie, — Ducrotay de Blainville, Paris 1771—1823. 96 Bde.

Memoires de Physique et de Chimie de la société d'Arcueil; Paris 1807—1817. 3 Bde.

Annales de Chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la pharmacie; Paris 1789—1815. 96 Bde.

Annales de chimie et physique, par Gay-Lussac et Arago; Paris 1816—1840. 75 Bde.

Annales du Muséum d'histoire naturelle; Paris 1802—1813. 20 Bde.

Nouvelles Annales du Musée d'histoire naturelle; Paris 1832—1835. 4 Bde.

Bibliothèque britannique. Sciences et Arts. Genève 1796—1815. 60 Bde.

Bibliothèque universelle. Sciences et Arts. Genève 1816—1835. 60 Bde.

Journal des Mines; Paris 1794—1815. 38 Bde.

Bulletin de Pharmacie, par Cadet, Planche, Boullay etc. Paris 1809—1814. 6 Bde.

Philosophical Magazine and Journal, by Tilloch (and Taylor); London 1798—1826. 68 Bde.

Annals of philosophy; London. Die erſten 16 Bände bis 1820, by Thomas Thomson; die folgenden 12 als New Series, by Rich. Phillips. Im Ganzen von 1813—1826, 28 Bde.

The Philosophical Magazine and Annals, by Rich. Taylor and Rich. Phillips. 1827—1832. 11 Bde.

The quarterly Journal of Science, Literature and Art; London 1816—1827. 22 Bde. New Series, 1827—1830. 7 Bde.

The Edinburgh Journal of Science, by David Brewster; Edinburgh and London 1824—1829. 10 Bde.

The Edinburgh philosophical Journal, by Rob. Jameson (bis zu 1824 auch: by David Brewster); Edinburgh 1819—1826. 14 Bde.

Giornale di fisica, chimica e storia naturale di Luigi (ſpäter di Gaspari) Brugnatelli; Pavia 1808—1826. 19 Bde.

Bibliotheca italiana; Milano 1816—1840. 100 Bde.

Chemiſche Zeitſchriften, welche noch gegenwärtig erſcheinen:

Journal für praktiſche Chemie, von O. L. Erdmann; bis 1836 mit Schweigger-Seidel, ſeit 1839 mit R. F. Marchand; Leipzig 1834—1848. 45 Bde.

Annalen der Phyſik u. Chemie, v. Poggendorff; Leipz. 1824—1848. 75 Bde.

Annalen der Chemie u. Pharmacie, neben Liebig zeitweiſe zugleich herausg. von Geiger, Brandes, Trommsdorff, Merk, Mohr, ſeit 1838 von Liebig u. Wöhler; im Ganzen 1832—1848, 68 Thle.

Berliniſches Jahrbuch der Pharmacie; Berlin 1795—1841. 45 Bde. Wird fortgeſetzt.

Repertorium für Pharmacie, von Dr. Joh. Andr. Buchner (der 1. Bd. von Dr. Ad. Ferd. Gehler). Erlangen 1815—1843. 80 Bde. Wird fortgeſetzt.

Archiv der Pharmacie des Apothekervereins im nördl. Deutſchland, von Rud. Brandes; ſeit 1838 (Bd. 15) zugleich von Heinr. Wackenroder; zweite Reihe 1835—1848. 56 Thle.

Zeitſchrift für Phyſik u. verwandte Wiſſenſchaften, von Baumgarten (ſeit 1837 von Holger); Wien 1832—1840. 6 Bde. Wird fortgeſetzt.

Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften, von J. J. Berzelius; Tübingen 1822—1847. 26 Bde.

Annales de Chimie et de Physique, par Gay-Lussac, Arago, Dumas, Pelouze, Boussingault et Regnault; Troisième Série; Paris 1841—1848. 24 Bde.

Journal de Pharmacie et de sciences accessoires, contenant le bulletin de la Société de Pharmacie à Paris, par Bouillon-Lagrange, Planche, Boullay, Boudet etc. etc. et P. J. Robiguet; Paris 1815—1841. 27 Bde. Nouv. Sér. 1842—1848. 14 Bde.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie, par Chevallier, Fée, Guibourt, Julia-Fontenelle, Laugier, Orfila, Payen, Pelletan, Lassaigne, Richard, Robinet, Segalas D'Etelepare; Paris 1825—1844. 24 Bde.

Bibliothèque universelle de Genève; Nouv. Série, 1836—1848. 78 Bde.

Annales des Mines; Paris. Première Série, 1816—26. 13 Bde. — Deuxième Série, 1827—30. 8 Bde. — Troisième Série, 1832—41. 20 Bde. — Quatrième Série, 1842—48. 14 Bde.

Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Academie des Sciences. Paris 1835—1848. 23 Bde.

Philosophical Transaction (of the royal Society of London); Lond. 1665—1848.

The London and Edinburgh philosophical Magazine and Journal of Science by Brewster, Taylor and R. Phillips. 1832—1848. 32 Bde.

The Edinburgh New philosophical Journal, by Rob. Jameson; Edinburgh 1826—1848. 46 Bde.

The American Journal of Science and Arts, by Silliman; Newhaven 1819—1848. 54 Bde.

Aus den allgemeiner verbreiteten der angeführten deutschen und französischen Zeitschriften findet man die Literatur der organischen Chemie übersichtlich und vollständig zusammengestellt in:

Quellen-Literatur der theoretisch-organischen Chemie, oder Verzeichniß der vom Anfang des letzten Viertheils des vorigen Jahrhunderts bis zum Schluß des Jahres 1844 ausgeführten chemischen Untersuchungen über die Eigenschaften und die Constitution der organischen Substanzen, ihrer Verbindungen und Zersetzungsproducte; ausgearbeitet von Dr. Emil Th. Wolff; Halle 1845.

Lehr- und Handbücher:

Handbuch der Chemie, von Leop. Gmelin, 4. Aufl. Heidelberg 1843—48. Bisher 4 Bände erschienen.

Lehrbuch der Chemie, von J. J. Berzelius; 4. Aufl. Dresd. u. Leipz. 1844—48. 5 Bde.

Handbuch der angewandten Chemie, von J. Dumas; übersetzt von G. A. u. Fr. Engelhart. Nürnberg 1830—48. 8 Bde.

Handbuch der Chemie, von Dr. Justus Liebig; 1. Bd. der neuen Bearbeitung von Geiger's Handbuch der Pharmacie; Heidelberg 1843.

Lehrbuch der Chemie, von E. Mitscherlich, 4. Aufl.; Berlin 1843 ff. 2 Bde.

Lehrbuch der Chemie, von Thom. Graham, bearb. von F. J. Otto; 2. Aufl. Braunschweig 1847, Bis jetzt 3 Bde.

Zur analytiſchen Chemie:

Handbuch der analytiſchen Chemie, von H. Roſe; 4. Aufl. Berlin 1838. 2 Bde.
Anleitung zur qualitativen chemiſchen Analyſe, v. Dr. C. R. Freſenius, 5. Aufl. Braunſchweig 1847; und Anleitung zur quantitativen chemiſchen Analyſe, 2. Aufl. Ebend.
Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie, von J. J. Berzelius; 2. Aufl. Nürnberg 1828.
Probirkunſt mit dem Löthrohr, von Ed. Harkort; Freiberg 1827.
Probirkunſt mit dem Löthrohr, von Carl Fr. Plattner, 2. Aufl. Leipz. 1847.

Zur Geſchichte der Chemie:

Geſchichte der Chemie, von Dr. Herm. Kopp; Braunſchw. 1843—47. 4 Bde.
Histoire de la Chimie, par Höfer; Paris 1843. Bisher nur 1 Bd. erſchienen.

Zur techniſchen Chemie:

Handbuch der techniſchen Chemie, von Dr. E. Ludw. Schubarth, 3. Aufl. Berlin 1839—40. 3 Bde.
Lehrbuch der techniſchen Technologie, von Dr. F. Knapp; Braunſchweig 1847—1848. 2 Bde.
Lehrbuch der pharmaceutiſchen Technik, von Dr. Fr. Mohr; Braunſchw. 1847.

Zur Agricultur-Chemie und phyſiologiſchen Chemie:

Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Phyſiologie, von J. Liebig, 6. Aufl.; Braunſchw. 1845.
Die Thier-Chemie, oder die organiſche Chemie in ihrer Anwendung auf Phyſiologie und Pathologie, von J. Liebig, 3. Aufl.; Braunſchw. 1845.
Lehrbuch der rationellen Praxis der landwirthſchaftl. Gewerbe, von Dr. Fr. Jul. Otto, 3. Aufl. unter Mitwirkung von Carl Siemens; Braunſchw. 1848.
Lehrbuch der Chemie für Landwirthe, Forſtwirthe und Cameraliſten, von Dr. C. R. Freſenius; Braunſchw. 1847.
Die chemiſchen Forſchungen auf dem Gebiete der Agricultur und Pflanzenphyſiologie, von Dr. Emil Wolff; Leipzig 1847. E. W.

Chlor, Chlorine, Halogen, oxygenirte, dephlogiſtiſirte, unbrennbare Salzſäure, Bleichſäure; Chlorum, Acidum muriaticum oxygenatum (Atomgew. = 221,65, Aequivalentzahl = 443,3; chemiſches Zeichen = Cl), wurde 1774 von Scheele zuerſt dargeſtellt und von ihm als Anhänger der phlogiſtiſchen Theorie dephlogiſtiſirte Salzſäure genannt, während Berthollet, im Sinne der antiphlogiſtiſchen Theorie, dieſem Körper den Namen der oxygenirten Salzſäure beilegte, welchen er behielt, bis Gay-Luſſac und Thenard die Anſicht ausſprachen, daß er ebenſo gut als eine einfache Subſtanz betrachtet werden könne, indem alle ſeine chemiſchen Eigenſchaften mit der letztern Annahme übereinſtimmten; H. Davy endlich ſprach 1810 zuerſt ſich entſchieden aus für die Einfachheit des Chlors und gab demſelben auch ſeinen jetzigen Namen. Das Chlor kommt häufig in der Natur vor, beſonders in Verbindung mit Natrium als Kochſalz im Meerwaſſer und in Salzſoolen oder als Steinſalz im Mineralreiche, ebenfalls im thieriſchen und vegetabiliſchen Organismus, auch verbunden mit Kalium, Calcium, Magnium, Blei, Queckſilber, Silber und als Salzſäure. Das Chlor gewinnt man im reinen Zuſtande in Gasform durch Erhitzen

von Braunstein mit Salzsäure (auf 1 Theil Braunstein 3 Th. mäßig starke Salz-
säure) oder mit Kochsalz und verdünnter Schwefelsäure (1 Th. Braunstein, 1 Th.
Kochsalz und $2^1/_2$ Th. Schwefelsäure); die Darstellung des Chlorgases im Große
(wobei z. B. die folgenden Verhältnisse angewendet werden: 110 Pfd. Salz,
82,75 Pfd. Braunstein fein gepulvert und gut gemengt, mit 165 Pfd. mit gleichen
Raumtheilen Wasser verdünnter Schwefelsäure übergossen) geschieht entweder in
großen Glaskolben, die im Sandbade erhitzt werden, oder in irdenen Flaschen über
freiem Feuer, oder besonders in bleiernen Gefäßen, welche mittelst Dampf geheizt
werden. Das Chlorgas hat eine gelblich-grüne oder blaßgelbe Farbe, ein spec.
Gewicht nach Dalton = 2,34, nach Gay-Lussac und Thenard = 2,47,
ein Lichtbrechungsvermögen = 2,623, ist nicht brennbar; ein Wachslicht brennt
in dem Gase dunkel fort, und mit glimmendem Dochte hineingebracht, entflammt es
wieder; ein brennender Holzspahn brennt nur kurze Zeit mit schwacher Flamme
fort; Phosphor und mehrere Metalle, wie Wismuth, Antimon, Arsenik u. a. ver-
binden sich mit dem Chlor unter Feuererscheinung; es schmeckt und riecht kratzend
stechend, nicht sauer, erregt, in geringer Menge eingeathmet, Husten, Schnupfen,
Beklemmungen und Erstickungs-Zufälle, in größerer Menge und öfters eingeathmet
Blutspeien, Schwindsucht und den Tod; es zerstört miasmatische, übelriechende und
ansteckende Krankheitsstoffe, und im feuchten Zustande die Farbe des Lackmus und
überhaupt alle Pflanzenfarben. Unter einem Druck von 4—5 Atmosphären und
bei niedriger Temperatur condensirt sich das Chlorgas zu einer klaren, dunkelgrün-
lichgelben, dünnen Flüssigkeit, welche ein specif. Gewicht 1,33 hat, bei — 17,8
noch nicht gefriert und das Licht etwas schwächer bricht als das Wasser; das ver-
dichtete, über der Flüssigkeit befindliche Gas hat eine pomeranzengelbe Farbe. Das
Chlor verbindet sich bei 0° mit Wasser zu einem Hydrat, welches 10 At. (71,7
Proc.) Wasser enthält (= Cl + 10 H0); es stellt eine hellgelbe durchscheinende
Masse dar von ungefähr 1,2 specif. Gewicht, welche entweder dendritisch oder zu-
weilen in Nadeln und rhombischen Octaedern krystallisirt, und in einer zugeschmol-
zenen Glasröhre bei + 15,5° noch unverändert bleibt, bei 38° in wässeriges und
flüssiges Chlor sich scheidet, indem sich zwei Flüssigkeitsschichten bilden, welche bei
+ 20° erkältet, wieder zu krystallisirtem Hydrat sich vereinigen. Das Wasser ab-
sorbirt bei gewöhnlicher Temperatur ungefähr 2 Maß Chlorgas, erhält dadurch
ein specif. Gewicht von 1,003, eine gelbliche Farbe und den Geruch wie den Ge-
schmack des freien Chlors; es zersetzt sich allmälig schon im Dunkeln, und schnell
im Sonnenlichte unter Bildung von Salzsäure und Entweichung von Sauerstoff-
gas. Das Chlorwasser löst, wie das Königswasser, Gold auf und verhält sich
ähnlich dem feuchten Chlorgase und dem wässerigen Chlorkalke bleichend gegen die
Pflanzenfarben, indem das Wasser unter Entwicklung von Sauerstoffgas sich zer-
setzt, welches mit der Oxydation des Pflanzenstoffes auch dessen Farbe zerstört, auf
ähnliche Weise, wie z. B. die freie Salpetersäure oder die Chlorsäure entfärbend
auf die Indigolösung einwirkt. Das Chlorwasser wird angewendet zum Bleichen
von Leinewand, Kattunen, von Lumpen zur Papierfabrikation, von Seide, Schaf-
men, des Palmöles zur Seifenbereitung, des Talges ꝛc.; Wolle und auch Stroh-
geflechte können nicht gut durch Chlor gebleicht werden, da namentlich die erste
von demselben zu stark angegriffen wird. Ueber die Prüfung des Gehaltes an
freiem Chlor in dem Chlorwasser giebt der Art. Chlorometrie Auskunft.

Der Oxydationsstufen des Chlors giebt es mehrere; die niedrigste wird er-

erchlorige Säure (ClO) genannt, und dargestellt durch Einwirkung des hlorgases auf Queckſilberoxyd und Waſſer und mehrmaliges Deſtilliren der Flüſſigkeit; das zuerſt übergehende Deſtillat iſt die concentrirteſte wäſſerige Auflöſung ieſer Säure, welche von dem Waſſer getrennt und im freien gasförmigen Zuſtande halten wird bei der Auflöſung von trocknem ſalpeterſauren Kalke oder verglaſ'ter hosphorſäure in dieſer Flüſſigkeit; es entwickelt ſich dann raſch und unter Aufſauſen die unterchlorige Säure als ein gelbes Gas, welches etwas dunkler iſt als s Chlorgas und einen dieſem ähnlichen, aber doch deutlich verſchiedenen Geruch ſitzt; beim Erhitzen und oft ſchon bei gewöhnlicher Temperatur zerfällt es unter xploſion und Feuererſcheinung in Chlor und Sauerſtoff; bei gewöhnlicher Temratur verpufft dieſes Gas heftig durch Berührung mit Kohle, Phosphor, Phosorwaſſerſtoffgas, Schwefel, Schwefelkohlenſtoff, Ammoniakgas u. ſ. w.; mit ſalzurem Gaſe zerſetzt es ſich in Waſſer und Chlor, viele Metalle, wie Kalium, Arſek, bewirken eine Exploſion unter Feuererſcheinung. Das Waſſer abſorbirt das as ſchnell, wie es ſcheint über 100 Maß deſſelben, nimmt dadurch die gelbe Farbe d den Geruch des Gaſes an, wirkt ſtark ätzend und zerſtörend auf die Haut ein ter rothbrauner Färbung derſelben; an der Luft verflüchtigt ſich die meiſte Säure; Dunkeln zerſetzt ſich die wäſſerige Auflöſung langſam, am Tageslicht ſchneller d im Sonnenlicht in wenigen Augenblicken, wobei ſich Chlorgas und Sauerſtoffs entwickelt und im Waſſer Chlorſäure aufgelöſt zurückbleibt. Die unterchlorige ure iſt eine ſehr ſchwache Säure, welche jedoch die kohlenſauren Alkalien unter fbrauſen zerſetzt; die unterchlorigſauren Salze ſtellt man dar durch ſöſen der baſiſchen Oxyde in der wäſſerigen Säure unter Vermeidung aller Erung; ſie ſchmecken ätzend und zuſammenziehend, zerſetzen ſich mit Waſſer in Behrung im Dunkeln langſam, raſcher im Tageslichte und im Sonnenlichte ſehr nell, meiſtens unter Entwicklung von Sauerſtoffgas, in Chlormetall und chlorres Salz, um ſo ſchneller, wenn ein Ueberſchuß von Säure vorhanden iſt, während durch das Vorwalten der Baſis die Zerſetzung bedeutend verlangſamt wird. e unterchlorigſauren Salze zerſtören die organiſchen Farbſtoffe und wirken bleind, bei einem Ueberſchuß von Alkali jedoch erſt unter Zutritt einer Säure, ſo r theilweiſe ſchon bei Gegenwart der Kohlenſäure; mit Chlorkalien und überüſſiger Schwefelſäure in Berührung entwickeln ſie nur Chlor, indem der Sauerff aus der unterchlorigen Säure zur Oxydation des Metalls im Chlormetall verndet wird. Das wichtigſte dieſer Salze iſt die unterchlorigſaure Kalkde, der vorzugsweiſe wirkende Beſtandtheil des Chlorkalkes, worüber das Nä:e in den Artikeln Calcium und Chlorometrie enthalten iſt. — Die orige Säure (Unterchlorſäure, Chlororyd = ClO^4) erhält man durch Ueberßen von 1 Th. geſchmolzenem chlorſauren Kali mit 4 Th. Vitriolöl und allmäer Erhitzung des Gemenges bis auf 100°, als ein lebhaft gelb gefärbtes Gas, n erſtickendem, aber etwas gewürzhaftem Geruch; es röthet zuerſt das Lackmus d bleicht es dann; durch Druck oder ſtarke Abkühlung condenſirt es ſich zu einer ſſigen, intenſiv gelben, durchſichtigen Maſſe von 1,5 ſpecif. Gewicht. Im Dunn bleibt das Gas unverändert, im Sonnenlicht zerſetzt es ſich raſch in ſeine Bendtheile, bei raſcher Erhitzung unter heftiger und gefährlicher Exploſion, welche ch ſchon durch Schütteln mit Queckſilber und Berührung mit Phosphor oder chwefel bewirkt wird. Waſſer abſorbirt 7 Maß dieſes Gaſes und nimmt dadurch rbe, Geruch und Geſchmack deſſelben an. Die chlorigſauren oder unterchlorſau-

ren Salze verhalten sich den unterchlorigsauren ganz ähnlich; sie zerfallen in Wasser aufgelöst ebenfalls leicht in Chlormetalle und chlorsaure Salze. — Die Chlorsäure (ClO^5) bildet sich durch Sättigung einer kaustischen Alkalilösung mit Chlorgas ($6\,KO + 6\,Cl = 5\,KCl + KO,\,ClO^5$), Zersetzung des gebildeten chlorsauren Kalis mittelst Kieselflußsäure und Eindampfen unter 30°, oder durch Zersetzung des in Wasser aufgelösten chlorsauren Baryts mittelst verdünnter Schwefelsäure. Die wässerige Säure ist farblos, nur im sehr concentrirten Zustande etwas gelblich, sie entfärbt Lackmuspapier, indem sie es vorher röthet, schmeckt sehr sauer und zusammenziehend und riecht beim Erwärmen stechend, ähnlich der Salpetersäure; kalt und verdünnt ist sie geruchlos; am Lichte zersetzt sich die wässerige Chlorsäure nicht, über 40° erhitzt bildet sich unter Entwicklung von Chlor und Sauerstoff wässerige Ueberchlorsäure; an leicht oxydirbare Körper, wie schwefelige und phosphorige Säure, Schwefelwasserstoff, Weingeist, Aether, Fließpapier u. s. w. giebt sie Sauerstoff ab und wird durch diese Körper lebhaft und zuweilen unter Feuererscheinung zersetzt. Die chlorsauren Salze sind alle in Wasser auflöslich, zersetzen sich in der Hitze unter Entwicklung von Sauerstoffgas und Zurücklassung von Chlormetall, und verpuffen, mit brennbaren Stoffen gemengt, oft mit der größten Gewalt, sowohl durch Erhitzung, als auch den Stoß und durch Reiben (Zündhölzer). — Ueberchlorsäure entsteht bei Destillation der wässerigen Chlorsäure; sie ist im concentrirtesten wässerigen Zustande eine farblose, ölartige geruchlose, stark saure, an der Luft etwas rauchende Flüssigkeit, von 1,65 spec. Gewicht, verdampft bei ungefähr 138° ohne Zersetzung und kocht bei 200°; sie zersetzt sich weder im Sonnenlichte, noch bei Berührung mit Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Salzsäure. Im festen Zustande erhält man die Ueberchlorsäure bei der Destillation von 1 At. (oder 140 Th.) über chlorsaures Kali mit 4 At. (196 Th.) Vitriolöl als eine weiße talgähnlich krystallinische Masse oder in langen vierseitigen Säulen krystallisirt; sie schmilzt bei 45°, bildet an der Luft weiße Nebel und verbindet sich mit Wasser unter Zischen und lebhafter Wärmeentwicklung. Die überchlorsauren Salze sind in Wasser auflöslich, zerfallen zum Theil an der Luft, zersetzen sich in der Hitze, jedoch schwerer als die chlorsauren Salze, in Chlormetall und Sauerstoffgas, und explodiren heftig auf glühender Kohle.

Der Chlorwasserstoff (Salzsäure, Chlorwasserstoffsäure, Kochsalzsäure, Hydrochlorsäure, Acidum Salis s. muriaticum) bildet sich in einem Gemenge von gleichen Raumtheilen Chlorgas und Wasserstoffgas durch Berührung mit einem brennenden Körper oder im directen Sonnenlichte augenblicklich unter Explosion und Feuererscheinung, im Tageslichte nur langsam und allmälig, im Dunkeln gar nicht; ferner im Chlorwasser unter Zersetzung des Wassers und in größter Menge, wenn man Kochsalz mit englischen Schwefelsäure übergießt ($SO^3, HO + ClNa = SO^3, NaO + ClH$). Es ist ein farbloses, an der feuchten Luft schwache Nebel bildendes Gas, welches stark sauer schmeckt und riecht, erstickend wirkt, Lackmus röthet und die Flamme des Lichtes mit grünlicher Farbe auslöscht; das specif. Gewicht des Gases ist = 1,269 und das Lichtbrechungsvermögen = 1,527. Durch den Druck von 40 Atmosphären läßt das Gas sich bei 10° zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten, deren Lichtbrechungsvermögen dem der flüssigen Kohlensäure gleich ist. Das salzsaure Gas wird weder an der Luft, noch in der Glühhitze mit Sauerstoff gemengt verändert, zum Theil jedoch durch den elektrischen Funken in seine

Bestandtheile zerlegt; mit Sauerstoff in Berührung wird durch den elektrischen Funken Wasser gebildet und das Clor frei, und ebenso, wenn in diesem Gemenge Platinaschwamm über 120° erhitzt wird; mit unterchlorigsaurem Gas gemengt, bildet sich ebenfalls Wasser, und durch Metalle wird das Wasserstoffgas gewöhnlich ausgeschieden, durch Kalium schon bei gewöhnlicher Temperatur, durch Zink, Zinn u. s. w. erst in der Hitze; die meisten Metalloxyde geben, in Chlorwasserstoffgas erhitzt, Wasser und Chlormetalle. Das salzsaure Gas wird in großer Menge vom Wasser absorbirt und bildet mit demselben die wässerige Salzsäure (Salzgeist, saurer Salzgeist, rauchender Salzgeist, Spiritus Salis acidus, fumans). Das Wasser absorbirt das salzsaure Gas unter bedeutender Wärmeentwicklung, und zwar nimmt nach Davy 1 Maß Wasser bis zur völligen Sättigung 480 Maß Gas oder ungefähr 75 Proc. seines eigenen Gewichtes auf, hat dann ein specif. Gewicht = 1,2109 und scheint dann auf 1 At. Salzsäure 6 At. Wasser zu enthalten. Die völlig reine wässerige Salzsäure ist farblos, die gewöhnliche käufliche aber oft etwas gelblich gefärbt durch Beimengungen von Eisenoxyd, Chlor oder organische Substanzen; im concentrirten Zustande raucht sie an der Luft, durch Kochen wird die starke Säure schwächer, eine schwächere stärker; die concentrirte Säure kocht schon wenige Grad über der Temperatur, bei welcher sie dargestellt wurde, und es entweicht so lange Gas, bis die Dichtigkeit bis auf 1,09 gesunken ist, in welchem Zustande sie nach Dalton bei 110° kocht, sich unverändert überdestilliren läßt und 20 Proc. Gas, also auf 16 At. Wasser 1 At. Säure enthalten soll; das specif. Gewicht ihres Dampfes beträgt nach Bineau 0,691, woraus hervorgeht, daß in 1 Maß desselben 1 Maß salzsaures Gas und 8 Maß Wasserdampf ohne Verdichtung vereinigt sind. Unter dem Gefrierpunkte des Quecksilbers erstarrt die flüssige Salzsäure zu einer butterartigen Masse. Crighton bestimmte die lichtbrechende Kraft bei einem specif. Gewicht der Säure von 1,055 = 1,053, bei 1,087 specif. Gewicht = 1,088, bei 1,121 specif. Gew. = 1,121, bei 1,146 specif. Gew. = 1,138 und bei 1,177 specif. Gew. = 1,180; sie nimmt also mit der Dichtigkeit in einem geraden einfachen Verhältnisse zu. Die Salzsäure findet in den technischen Gewerben vielfache Anwendung zur Bereitung verschiedener Metallauflösungen, in der Färberei zum Schönen der Farben, in der Leimfabrikation zum Ausziehen des phosphorsauren Kalkes aus den Knochen, zur Darstellung des Königswassers u. s. w. Um in der käuflichen Salzsäure aus ihrem specifischen Gewichte ihre Stärke, ihren Gehalt an Säure schnell bestimmen zu können, sind von Kirwan und Dalton, von Edmund Davy und von Ure auf Versuche gegründete Tabellen mitgetheilt worden, von denen die von Ure veröffentlichte sich durch Vollständigkeit und Genauigkeit auszeichnet und deswegen hier eine Stelle finden mag.

Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.
1,2000	40,777	1,1893	38,330	1,1782	35,884	1,1661	33,437
1,1982	40,369	1,1875	37,923	1,1762	35,476	1,1641	33,029
1,1964	39,961	1,1859	37,516	1,1741	35,068	1,1620	32,621
1,1946	39,554	1,1846	37,108	1,1721	34,660	1,1599	32,213
1,1928	39,146	1,1822	36,700	1,1701	34,252	1,1578	31,805
1,1910	38,738	1,1802	36,292	1,1681	33,845	1,1557	31,398

Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.
1,1536	30,990	1,1143	23,242	1,0758	15,494	1,0377	7,747
1,1515	30,582	1,1123	22,834	1,0738	15,087	1,0357	7,340
1,1494	30,174	1,1102	22,426	1,0718	14,679	1,0337	6,932
1,1473	29,767	1,1082	22,019	1,0697	14,271	1,0318	6,524
1,1452	29,359	1,1061	21,611	1,0677	13,363	1,0298	6,116
1,1431	28,951	1,1041	21,203	1,0657	13,456	1,0279	5,709
1,1410	28,544	1,1020	20,796	1,0637	13,049	1,0259	5,301
1,1389	28,136	1,1000	20,288	1,0617	12,641	1,0239	4,893
1,1369	27,728	1,0980	19,980	1,0597	12,233	1,0220	4,486
1,1349	27,321	1,0960	19,572	1,0577	11,825	1,0200	4,078
1,1328	26,918	1,0939	19,165	1,0557	11,418	1,0180	3,670
1,1308	26,505	1,0919	18,757	1,0537	11,010	1,0160	3,262
1,1287	26,098	1,0899	18,349	1,0517	10,602	1,0140	2,854
1,1267	25,690	1,0879	17,941	1,0497	10,194	1,0120	2,447
1,1247	25,282	1,0859	17,534	1,0477	9,768	1,0100	2,039
1,1226	24,874	1,0838	17,126	1,0457	9,379	1,0080	1,631
1,1206	24,466	1,0818	16,718	1,0437	8,971	1,0060	1,224
1,1185	24,058	1,0798	16,310	1,0417	8,563	1,0040	0,816
1,1164	23,650	1,0778	15,902	1,0397	8,155	1,0020	0,408

Bei dem Vermischen der Salzsäure mit Salpetersäure entsteht eine gelbe rauchende, sehr ätzende Flüssigkeit, das **Königswasser** (wässerige Salpetersalzsäure, Goldscheidewasser, Aqua regis), welches zur Auflösung solcher Metalle verwendet wird, welche nur geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und deswegen von der Salpetersäure allein nicht angegriffen werden, namentlich zur Auflösung von Gold und Platina, zur Darstellung der Zinnsolution und auch zur Oxydation von Schwefel, Phosphor, Kohle u. s. w. Die Salzsäure und die Salpetersäure wirken gegenseitig zersetzend auf einander ein, es bildet sich aus dem Sauerstoff der Salpetersäure und dem Wasserstoff der Salzsäure Wasser und zu gleicher Zeit salpetrige Säure, welche die Flüssigkeit gelb färbt, und Chlor wird frei, welches in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt oder entweicht. Die Zersetzung geht im verschlossenen Gefäße nur so lange vor sich, bis die Flüssigkeit mit Chlor gesättigt ist; kann dieses entweichen, so geht die Zersetzung fort, bis entweder alle Salpetersäure oder alle Salzsäure aus der Flüssigkeit verschwunden ist; bei der Erhitzung geht dieser Proceß um so rascher von Statten. Das freie Chlor, welches aus der Salzsäure entsteht, bildet hier den wirkenden Bestandtheil der Flüssigkeit, indem das Gold und Platina zu demselben eine größere Verwandtschaft haben, als zum Sauerstoff der Salpetersäure, und mit ihm eine Verbindung eingehen; auch das Chlorwasser wirkt schon auflösend auf jene Metalle, namentlich das Gold, ein.

Das Chlor vereinigt sich mit den übrigen Metalloiden oft in mehreren Verhältnissen, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung fast ohne Ausnahme den verschiedenen Oxydationsstufen derselben entsprechen. Der **Dreifach-Chlorphosphor** (P^2Cl^3) bildet sich beim Hinzuleiten von trocknem Chlorgas zu mäßig erwärmtem schmelzendem Phosphor, ist eine klare, farblose, dünne Flüssigkeit, welche bei 78° siedet, ein specif. Gew. = 1,45 hat, an der Luft weiße Nebel bildet und

der Salzsäure ähnlich riecht. Fünffach-Chlorphosphor (P^2Cl^5) erhält man beim Verbrennen von Phosphor in trocknem Chlorgas, er bildet ein weißes, an der Luft rauchendes Pulver, welches schon weiter unter 100° sich verflüchtigt. Halb-Chlorschwefel (S^2Cl) entsteht bei Einwirkung des Chlors auf getrocknete Schwefelblumen, ist eine ölige, bräunlich-gelb gefärbte Flüssigkeit von 1,686 specif. Gewicht, welche bei 138° kocht, an der Luft stark raucht und einen unangenehmen brennenden und erstickenden Geruch verbreitet. Den Einfach-Chlorschwefel (SCl) erhält man, wenn man über Schwefelblumen mehrere Tage lang Chlor in großem Ueberschusse hinleitet und die erhaltene Verbindung zwischen 60° und 70° mehrmals destillirt, als eine dunkelbraunrothe dünne Flüssigkeit, die bei 93° siedet, bei —30° noch nicht gefriert, ein spec. Gew. von 1,620 und in Dampfform von 3,7 hat. Der Chlorschwefel verbindet sich auch mit dem Chlorphosphor ($P^2S^2Cl^3$ oder P^2Cl, 2 SCl) zu einer farblosen, klaren ölartigen Flüssigkeit, welche bei 125° kocht und eigenthümlich gewürzhaft riecht, ferner der Zweifach-Chlorschwefel mit Kohlensäure (nach Berzelius chlorunterschwefelsaures Chlorkohlenoxyd = $COCl^2 + SO + 2\,Cl$), eine farblose, krystallinische campherähnliche Masse bildend, die leicht schmilzt und sich ohne Rückstand sublimiren läßt und unangenehm scharf riecht und schmeckt. Mit Schwefelsäure lassen sich Verbindungen darstellen, in welchen Dreifach-Chlorschwefel enthalten ist, nämlich SCl^3, $2\,SO^3$, eine farblose Flüssigkeit von 1,659 specif. Gewicht und Siedepunkt bei 77°; und SCl^3, $5\,SO^3$, ein farbloses Oel von 1,818 specif. Gewicht, siedet bei 145°, destillirt ohne Rückstand über, und hat in Dampfform ein specif. Gew. = 4,481. Jod verbindet sich bei Anwendung derselben Methoden, wie bei der Darstellung von Chlorphosphor angegeben wurde, mit dem Chlor zu Einfach-Chlorjod, (JCl), welches eine braunrothe ölige, stechend nach Chlor und Jod riechende Flüssigkeit ist, und zu Dreifach-Chlorjod (JCl^3), einem pomeranzengelben Körper, der nach dem Schmelzen beim Erkalten in langen Nadeln krystallisirt. Mit den Metallen verbindet sich das Chlor zu Chlormetallen, deren Darstellung und Eigenschaften man bei den einzelnen Metallen beschrieben findet, hinsichtlich deren Zusammensetzung wir auch auf den Art. Salzbilder verweisen.

E. W.

Chlorometrie giebt eine Anleitung zur Bestimmung der Güte des für technische Zwecke bestimmten Chlorwassers und Chlorkalkes, zur Untersuchung auf die Quantität des in diesen Präparaten vorhandenen disponiblen Chlorgehaltes. Hierzu kann man, nach Descroizilles, die mit Wasser verdünnte Auflösung von Indigo in rauchender Schwefelsäure anwenden, indem man von derselben ein bestimmtes Volumen in eine graduirte, mit einem Stöpsel versehene Glasröhre bringt (Décolorimètre, Chloromètre, Berthollimètre) und das zu untersuchende Chlorwasser vorsichtig so lange zusetzt, bis unter Umschütteln in dem verschlossenen Gefäße die blaue Lösung zuerst grün und dann aber braungelb geworden ist; an den Graden der Glasröhre sieht man dann, wie viel von dem Chlorwasser hierzu erforderlich gewesen ist. Dieselbe Methode kann man auch zur Untersuchung des Chlorkalkes anwenden, wenn man ein bestimmtes Gewicht des trocknen Chlorkalkes zuerst mit wenig Wasser übergießt, zerreibt, die trübe Flüssigkeit in ein Glas gießt, durch Stehen sich klären läßt und diese Operation mehrmals wiederholt, bis man ebenmal so viel Wasser angewendet hat, als das Gewicht der Chlorkalk-Probe betrug. Auf diese angeführte Weise erfährt man begreiflicher Weise nur den rela-

tiven Gehalt an disponiblem Clor in kleinen Quantitäten Chlorwasser oder Chlorkalk; um die Indigolösung auch zur Bestimmung der absoluten Clormenge anwenden zu können, hat Gay-Lussac folgendes Verfahren vorgeschlagen. Man stellt die Indigolösung in einem so verdünnten Zustande dar, daß 1 Volum trocknes Chlorgas ein zehnfach größeres Volum dieser Flüssigkeit entfärbt; jedes einfache Volum der Indigolösung giebt einen Grad (= $^1/_{10}$ Volum Chlor), welcher in 10 Theile getheilt ist; setzt man zu einem Maß Chlorkalklösung so lange Indigosolution hinzu, bis die blaue Farbe in eine blaßgrünliche übergeht, so zeigt die Zahl der dazu nöthigen Grade den Chlorgehalt in $^1/_{10}$ Maßtheilen an. Die so eben kurz mitgetheilte chlorometrische Methode giebt, trotz aller Vorsichtsmaßregeln, aus mehrfachen Gründen selten ein sicheres Resultat; man muß wenigstens die Indigolösung in größerer Quantität bereiten, um dieselbe für längere Zeit mit gleicher Zusammensetzung anwenden zu können, und sie im concentrirten Zustande in gut verschlossenen steinernen Flaschen aufzubewahren, weil sie verdünnt und dem Einflusse der Luft und namentlich des Lichtes ausgesetzt, nach und nach eine Umänderung, eine Zersetzung erleidet. Der Indigo enthält ferner außer dem blauen Farbstoffe auch ein rothes und ein braunes Pigment, in den verschiedenen Sorten in abweichender Quantität, und nur auf den blauen Farbstoff wirkt das Chlor entfärbend ein, während der braune, mit Salzsäure ver[bunden], in leichten Flocken sich ausscheidet und auf dem Boden des Probirgefäß[es] setzt; auch sind noch andere organische Stoffe im Indigo, z. B. Pflanzenle[im] verschiedener Menge enthalten und auch diese werden zum Theil vom Chlor [zer]weswegen die Menge des Chlors in der zu untersuchenden Flüssigkeit nicht [genau] aufgefunden werden kann, weil es nicht immer einzig und allein zur Entf[ärbung] des blauen Farbstoffes im Indigo verwendet wird. Besonders aber wird die [empfohlene] führte Methode für die Untersuchung des Chlorkalkes aus dem Grunde un[brauchbar], weil, wie Erdmann *) gefunden hat, auch der Aetzkalk oder das Kalkwa[sser] Eigenschaft besitzt, in beträchtlichem Grade die Indigosolution zu entfärb[en], blaue Farbe derselben zu zerstören. Man hat deshalb in neuerer Zeit vielfa[ch] sucht, die chlorometrische Probe auf ein anderes besseres Princip zu gründe[n], zu diesem Zwecke mehrfache Vorschläge gemacht, von denen wir in der Kü[rze] einige mittheilen. Penot wendete z. B. das Schwefelbarium an, [welches] mit unterchlorigsaurem Kalke in Berührung zu der Bildung von auflöslichem [Chlor]calcium und sich ausscheidendem schwefelsaurem Baryt Veranlassung giebt; der Niederschlag wird abfiltrirt und gewogen. Da aber schon diese Wägung in technischer Hinsicht einige Schwierigkeit darbietet, so hat diese Methode keine allgemeinere Verbreitung gefunden, ebenso wenig wie die von Zenneck **) vorgeschlagene Untersuchung des Chlorkalkes durch Ammoniak und Bestimmung des aus demselben sich entwickelnden Stickgases dem Volumen nach, obgleich die letztere Methode, nach den von Erdmann darüber angestellten Versuchen, wenigstens in den Händen eines Chemikers, genaue Resultate zu liefern scheint. Duflos's Verfahren ***) beruht auf der Umwandlung der schwefeligen Säure durch Chlor in Schwefelsäure, welche durch Barytlösung niedergeschlagen und ausgeschieden wer-

*) Erdmann, technisches u. ökonom. Journ. Bd. XIII. S. 276.
**) Ebendas. Bd. X. S. 293. Bd. XVI. S. 221.
***) Schweigger's Journ. d. Ch. Bd. LXIII. S. 346.

n kann; man sättigt eine wässerige Auflösung von Chlorbarium mit schwefeliger äure und setzt zu derselben so lange von der zu untersuchenden Chlorkalksolution nzu, als noch ein Niederschlag entsteht; aus der Menge der verbrauchten Chlorlklösung und aus der Thatsache, daß 10 Grad geglühter schwefelsaurer Baryt 06 Gran Chlor entsprechen, berechnet man dann den Chlorgehalt. Ein genaues d schnell auszuführendes Verfahren hat Gay-Lussac*) in neuerer Zeit bennt gemacht, nämlich mit Anwendung von arseniger Säure oder von Eisencyanlium. Man bereitet nämlich durch Kochen eine Auflösung von arseniger Säure reiner Salzsäure, die vorher mit $^1/_2$ Volum Wasser verdünnt worden ist; die rseniklösung wird so lange mit Wasser verdünnt, bis ein Volum derselben ein eiches Volum der normalen Chlorkalklösung zerlegt, welche letztere man durch ättigung einer schwachen Lösung von Kali, Natron, oder von Kalkmilch mit reim Chlorgas darstellt. Es werden nun 10 Gramme des zu prüfenden Chlorlkes zerrieben und ein wässeriger Auszug desselben bereitet, welchen man mit Was- verdünnt, bis er den Raum von 1 Liter in einem dazu ausgemessenen Glase sfüllt; mit dieser Lösung füllt man ein graduirtes Tropfglas (s. beistehende Fig.)

bis an den Nullpunkt der Scale an, welche in 200 Grade getheilt ist, von denen 100 den Raum von Cubikcentimetern einnehmen; mittelst einer Pipette bringt man dann genau 10 Cubikcentimeter der Arseniklösung in eine, mittelst eines Glasstöpsels verschließbare Flasche, und setzt zu derselben einen einzigen Tropfen einer Indigosolution hinzu, wodurch die Arseniklösung schwach blau gefärbt wird; aus dem graduirten Tropfglase gießt man dann die Chlorkalklösung so lange hinzu, bis die blaue Färbung der Arsenikflüssigkeit fast gänzlich verschwunden ist, sodann setzt man wiederum einen Tropfen der Indigosolution hinzu und jetzt tropfenweise und vorsichtig von der Chlorkalklösung, bis die Arsenikprobe plötzlich gänzlich entfärbt und wasserklar erscheint. Die hier mitgetheilte Tabelle giebt aus der Anzahl der verbrauchten Grade von Chlorkalksolution unmittelbar den Gehalt des Chlorkalkes an Chlor in Tausendtheilen eines gleichen Vol. Chlorgas an; je mehr Chlorkalklösung nöthig war, um so weniger Chlor ist in demselben vorhanden und umgekehrt. Das aus dem Chlorkalke frei werdende Chlor verwandelt allmälig die ganze Menge der arsenigen Säure in Arsenikſäure um, welche it Kalkerde in Verbindung bleibt, und erst wenn die ganze Menge der arsenigen äure diese Umwandlung erlitten hat, wirkt das nunmehr sich entwickelnde Chlor tfärbend auf den Indigo ein, und zeigt dadurch die Beendigung des Versuches . Die folgende Tabelle dient zur Auffindung des absoluten Gehaltes an Chlorn im Chlorkalke dem Raume nach.

*) Vergl. Schubarth's Techn. u. Chem. Bd. I. S. 430 ff.

Chlorkalk-lösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalk-lösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalk-lösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalk-lösung Grade	Chlorgehalt
10	1000	64	156	118	84,7	172	58,1
11	909	65	154	119	84,0	173	57,8
12	833	66	151	120	83,3	174	57,5
13	769	67	149	121	82,6	175	57,1
14	714	68	147	122	82,0	176	56,8
15	667	69	145	123	81,3	177	56,5
16	626	70	143	124	80,6	178	56,2
17	588	71	141	125	80,0	179	55,9
18	555	72	139	126	79,4	180	55,5
19	526	73	137	127	78,7	181	55,3
20	500	74	135	128	78,1	182	54,9
21	476	75	133	129	77,5	183	54,6
22	454	76	131	130	76,9	184	54,3
23	435	77	130	131	76,3	185	54,1
24	417	78	128	132	75,7	186	53,8
25	400	79	127	133	75,2	187	53,5
26	385	80	125	134	74,6	188	53,2
27	370	81	123	135	74,1	189	52,9
28	357	82	122	136	73,5	190	52,6
29	345	83	120	137	73,0	191	52,4
30	333	84	119	138	72,5	192	52,1
31	323	85	118	139	71,9	193	51,8
32	312	86	116	140	71,4	194	51,5
33	303	87	115	141	70,9	195	51,3
34	294	88	114	142	70,4	196	51,0
35	286	89	112	143	69,9	197	50,8
36	278	90	111	144	69,4	198	50,5
37	271	91	110	145	69,0	199	50,3
38	263	92	109	146	68,5	200	50,0
39	256	93	107	147	68,0	201	49,8
40	250	94	106	148	67,6	202	49,5
41	244	95	105	149	67,1	203	49,3
42	238	96	104	150	66,7	204	49,0
43	233	97	103	151	66,2	205	48,8
44	227	98	102	152	65,8	206	48,5
45	222	99	101	153	65,4	207	48,3
46	217	100	100	154	64,9	208	48,1
47	213	101	99	155	64,5	209	47,8
48	208	102	98	156	64,1	210	47,6
49	204	103	97,1	157	63,7	211	47,4
50	200	104	96,1	158	63,3	212	47,1
51	196	105	95,2	159	62,9	213	46,9
52	192	106	94,3	160	62,5	214	46,7
53	189	107	93,4	161	62,1	215	46,5
54	185	108	92,6	162	61,7	216	46,3
55	182	109	91,7	163	61,4	217	46,1
56	179	110	90,9	164	61,0	218	45,9
57	175	111	90,1	165	60,6	219	45,7
58	172	112	89,3	166	60,2	220	45,5
59	169	113	88,5	167	59,9	221	45,2
60	167	114	87,7	168	59,5	222	45,0
61	164	115	86,9	169	59,1	223	44,8
62	161	116	86,2	170	58,8	224	44,6
63	159	117	85,5	171	58,5	225	44,4

Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt
226	44,2	233	42,9	240	41,7	247	40,5
227	44,0	234	42,7	241	41,5	248	40,3
228	43,8	235	42,5	242	41,3	249	40,2
229	43,6	236	42,4	243	41,1	250	40,0
230	43,5	237	42,2	244	41,0		
231	43,3	238	42,0	245	40,8		
232	43,1	239	41,8	246	40,6		

E. W.

Chrom, Chromium (Atomgewicht = 328,9; chem. Zeichen = Cr), ein im Jahre 1797 von Vauquelin entdecktes Metall, welches als Chromoxyd (Chromocher), Chromoxyd-Eisenoxydul (Chromeisenstein), als chromsaures Bleioxyd, und in geringer Menge als Gemengtheil einiger anderer Mineralien in der Natur vorkommt. Das Metall wird aus dem Chromoxyd mittelst Kohle in der heftigsten Weißglühhitze dargestellt, hat eine zinnweiße bis stahlgrüne Farbe, ist sehr spröde, von kleinkörnigem Bruche, von 5,9 specif. Gewicht und sehr schwer schmelzbar. Zur Bereitung von Chromoxyd (Cr^2O^3) werden 2 Th. Chromeisenstein mit 1 Th. Salpeter stark und anhaltend geglüht, und die Masse mit Wasser ausgezogen; diese alkalische Flüssigkeit wird zur Abscheidung der aufgelösten Thon- und Kieselerde mit Salpetersäure neutralisirt, eingedampft und das sich ausscheidende krystallisirte chromsaure Kali wieder aufgelöst, mit salpetersaurem Queckselberoxydul niedergeschlagen und das ausgefällte chromsaure Queckselberoxydul geglüht, bis reines Chromoxyd zurückbleibt; oder der wässerige Auszug der geglühten Masse wird mit Schwefelsäure versetzt, die Chromsäure durch Schwefelwasserstoff in Chromoxyd verwandelt, und dieses durch Kali oder Ammoniak gefällt und ausgeglüht; oder der wässerige Auszug wird in der Kochhitze so lange mit einer siedenden Lösung von Fünffach-Schwefelkalium behandelt, als noch Chromoxyd sich ausscheidet. Das Chromoxyd ist lebhaft grün gefärbt, erscheint aber beim Glühen bräunlich und schmilzt vor dem Knallgasgebläse unter Entwicklung eines grünen Rauches, ohne sich zu zersetzen. Krystallirt in den Formen des drei- und dreigliedrigen Systems erhält man das Chromoxyd aus dem chromsauren Dreifach-Chlorchrom, unter Entwicklung von Chlor- und Sauerstoffgas, wenn man dieses in einer strengflüssigen Glasretorte, welche man tief in einen hessischen Tiegel hineinhängt, einer starken Glühhitze aussetzt; das Chromoxyd setzt sich dann in dem Halse der Retorte ab in grünschwarzen metallglänzenden Krystallen von 5,21 specif. Gew., welche die Härte des Korund haben. Das Chromoxydhydrat ($Cr^2O^3 + 3\,HO$) erhält man durch Fällung der Chromoxydsalze mit Ammoniak, als ein bläulichgrünes Pulver, welches nach stärkerem Trocknen rein grün ist, und erst in dunkler Glühhitze sein Wasser verliert, eine dunkelgrüne Farbe annimmt, bei stärkerer Hitze mit Feuererscheinung verglimmt und dann heller grün wird, ohne an Gewicht zu verlieren. Der Chromoxyd wird namentlich in der Porzellanmalerei angewendet, auch in der Oelmalerei unter dem Namen Chromgrün, grüner Zinnober. Das verglimmte, geglühte Chromoxyd ist in Säuren fast unlöslich und löst sich nur in Vitriol nach längerem Kochen auf; das unter der Glühhitze entwässerte Chromoxyd löst sich langsam, das Hydrat leicht in Säuren auf; die Chromoxydsalze sind schön grün oder blau gefärbt; in der Auflösung röthen sie das Lackmuspapier,

und werden durch kaustische und kohlensaure Alkalien gefällt, in überschüssigem Aetzkali löst sich das Chromoxyd jedoch in der Kälte mit grasgrüner Farbe auf, wird aber beim Kochen der Flüssigkeit vollständig wieder ausgeschieden; chromsaures Kali fällt aus diesen Auflösungen gelbbraunes chromsaures Chromoxyd. Das schwefelsaure Chromoxyd bildet mit dem schwefelsauren Kali ein, dem Alaun ganz analog zusammengesetztes Doppelsalz, den Chromalaun (KO, SO^3 + Cr^2O^3, 3 SO^3), welcher in schönen dunkelpurpurnen oder amethystfarbenen octaedrischen Krystallen anschießt. Die Chromsäure (CrO^3) erhält man durch Destilliren eines Gemenges von 1 Th. chromsaurem Bleioxyd (oder Baryt) mit 1 Th. Flußspath und 3 Th. rauchender Schwefelsäure in einer bleiernen Flasche mit bleierner Vorlage; das in rothen Dämpfen sich verflüchtigende Chromfluorid wird durch die in der Vorlage befindlichen Wasserdämpfe in Flußsäure, welche entweicht, und in sich sublimirende Chromsäure zerlegt; oder man fällt aus der Auflösung von zweifach-chromsaurem Kali das Kali durch Kieselflußsäure heraus und dampft die Flüssigkeit in einem Platinagefäß zur Trockne ein; oder noch leichter, man setzt zu einer heißen Auflösung des chromsauren Kalis vorsichtig überschüssige Schwefelsäure hinzu, gießt die Flüssigkeit von den ausgeschiedenen feinen Krystallen der Chromsäure ab und läßt die anhängende Schwefelsäure von einem Ziegelstein einsaugen. Die Chromsäure bildet eine lockere, außerordentlich voluminöse Masse von fein wolligen Krystallnadeln, ist geruchlos, schmeckt sehr sauer und dann zusammenziehend, färbt die Haut gelb, zerfließt an der Luft und schießt aus der concentrirten wässerigen Lösung in karmosinrothen Nadeln, zuweilen in größeren braunrothen Krystallen an; erhitzt schmilzt sie zu einer schön rothbraunen Flüssigkeit und erstarrt beim Erkalten zu einer rothen, undurchsichtigen, brüchigen Masse; über den Schmelzpunkt erhitzt zerfällt sie unter Feuererscheinung in Sauerstoff und Chromoxyd; in Ammoniakgas wird die nach der zuerst angeführten Methode dargestellte Chromsäure bei gewöhnlicher Temperatur augenblicklich weißglühend und hinterläßt Chromoxyd; die wässerige Chromsäure wird durch Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, in der Kochhitze auch durch Salzsäure und viele organische Stoffe ebenfalls zu Chromoxyd reducirt. Die Chromsäure bildet mit den Basen neutrale, basische und saure Salze; die neutralen chromsauren Salze sind meistens gelb, die sauren morgenroth gefärbt und mehrere werden in der Malerei, Färbekunst und Kattundruckerei vielfach angewendet. Das chromsaure Kali (KO, CrO^3) krystallisirt in citrongelben durchscheinenden, sechsseitigen zwei- und zweigliedrigen Säulen, von 2,640 specif. Gewicht, schmilzt erst in der Glühhitze, leuchtet während des Schmelzens mit grüner Farbe und erstarrt beim Erkalten krystallinisch; es erträgt die Glühhitze, ohne sich zu zersetzen; es löst sich unter Erkältung bei 15,5° in 2,07 Theilen Wasser auf und theilt diesem eine intensivgelbe Farbe mit, welche selbst bei 40,000facher Verdünnung noch deutlich ist. Das zweifach-chromsaure Kali (KO, 2 CrO^3) scheidet sich beim Versetzen der Lösung des neutralen Salzes mit Salpetersäure in großen, morgenrothen, rechtwinklig vierseitigen Tafeln und Säulen aus, welche ein specif. Gewicht von 2,6027 haben, lange vor dem Glühen schmelzen und zu einer rothen faserig-krystallinischen Masse erstarren, oder beim langsamen Erkalten abermals schöne große Krystalle bilden. Das chromsaure Kali wird besonders in der Färberei angewendet zur Darstellung gelber und orangener Farben mittelst Bleisalze, und in der Kattundruckerei zum Ausbeizen des Indigo's. Der chromsaure Baryt ist ein gelbes, in Wasser unlösliches, in

Säuren auflösliches Pulver; das chromsaure Bleioxyd kommt in der Natur in Säulen krystallisirt vor, von hyacinth- oder morgenrother Farbe und 5,75 bis 6,0 specif. Gewicht; das künstlich dargestellte neutrale Salz ist ein hell citronengelbes Pulver, in Wasser unlöslich, in Säuren schwer löslich, aber in Aetzkali unter Zerstörung der Farbe auflöslich; es findet als Farbe unter dem Namen von Chromgelb allgemeine Anwendung und wird auch in der Chemie für die Elementaranalyse organischer Körper zur vollständigen Oxydation der letzteren gebraucht. Das halb-chromsaure Bleioxyd ($2PbO, CrO^3$) ist ein in Wasser unlösliches, schön zinnoberroth gefärbtes Pulver, welches ebenfalls in der Färberei und Malerei Anwendung findet. Das chromsaure Queckſilberoxydul hat eine mehr oder weniger dunkelpomeranzengelbe Farbe, und wurde früher als Malerfarbe (Chromroth) benutzt. Das chromsaure Silberoxyd ist ein purpurrothes, rothbraunes oder karminrothes Pulver, und kann auch in rubinrothen Krystallen erhalten werden.

Das Schwefelchrom (Cr^2S^3) bildet sich, wenn man Schwefelkohlenstoffdampf über weißglühendes Chromoxyd leitet, oder wenn man ein Gemenge von Chromoxyd und Fünffach-Schwefelkalium bei sehr hoher Temperatur zusammenschmilzt und nachher das Schwefelkalium durch Wasser auszieht; es ist ein schwarzes oder dunkel grau-grünes, mehr oder weniger krystallinisches und metallglänzendes Pulver, welches an der Luft bis zum Rothglühen erhitzt, lebhaft verbrennt unter Zurücklassung von Chromoxyd. Das Anderthalb-Chlorchrom oder Chromchlorür (Cr^2Cl^3) erhält man, wenn man trocknes Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Chromoxyd und Kohle leitet, oder durch Erhitzung des oxalsauren Chromoxyds bis zur Sublimation, wodurch das Wasser aus demselben entfernt wird; es krystallisirt in pfirsichblüthrothen, glänzenden, glimmerartigen Blättchen, welche weich und fettig, wie Talk anzufühlen sind. Das gewässerte Chromchlorür wird gebildet durch Auflösung von Oxydhydrat in Salzsäure oder durch Kochen von Chromsäure mit Salzsäure; beim Abdampfen der Lösung und Erhitzen bis 100° bleibt eine dunkelgrüne, wasserhaltende Masse zurück. Das chromsaure Chromchlorid ($Cr\,Cl^3, 2\,CrO^3$) ist eine prächtige bluthrothe Flüssigkeit, welche bei 21° ein spec. Gew. von 1,71 hat und einen constanten Siedepunkt bei 118° zeigt; man stellt dasselbe dar durch Destilliren eines Gemenges von chromsaurem Kali (oder Bleioxyd) mit Kochsalz und überschüssiger rauchender Schwefelsäure. Mit Brom und Jod geht das Chrom ähnliche Verbindungen ein wie mit dem Chlor, und mit Fluor bildet sich ein rothes Gas, welches beim Einathmen die Lunge stark angreift, Glas ätzt und Chromfluorid ($Cr.F^3$) ist.

E. W.

Chromadot (v. d. griech. χρωμα Farbe und geben, also Farbengeber) hat Hofmann (Mechanicus in Leipzig), ein von ihm erfundenes Instrument genannt, welches die durch Beugung (Inflexion) des Lichtes erzeugten Farben auf eine bequeme, auffällige und übersichtliche Weise zur Anschauung bringt. Brandes *) schlägt für das Instrument den Namen Inflexioskop vor und beschreibt es, wie folgt. An der Axe A, die vermittelst des in der beistehenden Figur sichtbaren runden

*) Gehler's phys. Lex. Bd. IV. S. 101.

Kopfes gedreht werden kann, iſt im Innern bei 1 Zoll hohen Cylinders, deſſen Grundfläche di Figur zeigt, eine ſchön polirte Stahlplatte befe ſtigt, auf welcher mit einer ſehr genauen Theil maſchine feine Linien mit Diamant in gleiche Abſtänden eingeriſſen ſind; die Linien fallen am zweckmäßigſten aus, wenn man 3000 auf de Pariſ. Zoll nimmt. Dieſe kleine mit feine Linien erfüllte Fläche erhält, da das cylindriſch Gefäß ſonſt überall geſchloſſen iſt, einzig durc einen in der krummen Fläche des Cylinders be B offen gelaſſenen Spalt, den man durch eine Schieber nach Willkür verengen kann, auffalle des Licht; die zweite Oeffnung C des cylindriſche Gefäßes, auf welche das 8 Zoll lange Rohr CA ohne Gläſer, aufgeſchraubt iſt, weiſet dem Au ſeine zur Beobachtung angemeſſene Stellung an das Rohr enthält bei C eine Blendung, welche nur eine, der lineirten Fläch gleiche Oeffnung hat. Am Umfange des Kreiſes CB iſt eine Gradtheilung, di ihren Anfangspunkt da hat, wo die Axe des Rohres liegt; ſie giebt halbe Grad an, und ein mit der Axe A verbundener Zeiger, der immer eine ſenkrechte Lag gegen die Spiegelplatte behält, zeigt bei jeder Stellung der Stahlplatte den Win kel an, den die Geſichtslinie mit dem Einfallslothe macht. — Um hier die Farben folgen, die vermöge der eingeriſſenen Linien ſich zeigen, auf einmal zu überſehen kann man das Rohr abſchrauben und das Auge dicht an C bringen. Stellt man dann den Zeiger auf $32^1/_2{}^0$, (weil zwiſchen der Lage des Auges und des Spalte 65 Grade enthalten ſind) und läßt nur einen ſehr engen Spalt offen, ſo ſieht man das Bild des durch dieſen Spalt ſein Licht hereinſenkenden Himmels als Spalt bild in der Mitte des Geſichtsfeldes, daneben an beiden Seiten einen dunklen Raum, an welchen ſich dunkel violett, blau, grün, gelb, roth, ſo anſchließt, daß Roth in dieſer Farbenfolge den entfernteſten Platz einnimmt. An dieſe erſte Far benfolge ſchließt ſich eine zweite, — nur durch einen kleinen dunklen Raum von jener getrennt, — die breiter aber minder lebhaft iſt und eben die Farben enthält. Die dritte Farbenfolge, die noch mehr Raum einnimmt, bekömmt man zu ſehen, wenn man den Zeiger bis zu 26^0 Gr. fortrückt, ſie fängt mit einer wenig erleuchteten Farbenmiſchung, die ſich als ein ſehr dunkles Grün zeigt, an; daran grenzt es ins Rothe fallendes Violett, dem ein reines Blau (das Blau der dritten Ordnung) folgt. Dreht man den Zeiger weiter, ſo zeigt ſich ein ſchmutziges, ins Gelbliche hinübergehendes Weiß, dann reines Gelb, ſchönes helles Roth, Purpur, Blau (alſo Blau der vierten Ordnung); dieſe Farben treten nach und nach, ſowie man weiter dreht, ins Geſichtsfeld, und endlich folgt mit immer minderem Lichte Grün, ſchmutziges Gelblichgrün, an welches röthliches Violett grenzt und zuletzt das dritte Blau, wenn das Auge ſenkrecht in den Spiegel ſieht. An der andern Seite iſt die Folge der Farben ziemlich, jedoch nicht ganz, ſo; der Unterſchied hat ſeinen Grund in der beim Drehen der Axe anders beſtimmten Lage der Spiegelfläche gegen das Auge. — Bedient man ſich des Rohres, das eine enge Oeffnung, um dem Auge ſeinen beſtimmten Platz anzuweiſen, hat, ſo kann man genauer anzeben.

ann jede Farbe in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint. Richtet man dann den enen Spalt nach der Sonne zu und stellt das Auge so, daß es von dem zurück-worfenen Glanze nicht zu sehr geblendet wird, so erscheinen nicht bloß die auf r Stahlplatte sich darstellenden Farben im schönsten Glanze, sondern man sieht ch den Wiederschein derselben an der innern Wand des Rohres ganz wie pris-atische Bilder vorbeigehen. — Um über die genaue Lage, wobei jede einzelne rbe reflectirt wird, unterrichtet zu sein, muß man die verschiedenen durch das isma getrennten Farbenstrahlen auf den Spalt fallen lassen, wobei man zugleich Farbenerscheinungen auf eine ungemein schöne Weise, jede Farbe vollkommen n und bei fortwährend geänderter Stellung der Axe periodisch mit erneuertem anze wiederkehrend sieht.

Chromatrop, auch Farben- oder Linienspiel genannt, ist eine Vorrich-ng von zwei runden und concentrisch über einander liegenden, mit geometrischen elmäßigen (gewöhnlich sternförmigen) Figuren bemalten ebenen Glasplatten, che sich mittelst einer Kurbel an einem Doppelwürtel in entgegengesetzter Rich-ng um einen gemeinsamen Mittelpunkt schneller oder langsamer bewegen lassen. eser Apparat wird in eine Laterna magica an die Stelle der zu dieser gehören-gewöhnlichen Bilder gebracht und jene erwähnte Kreisbewegung nun vorge-mmen, um alsdann auf einer weißen ebenen Fläche die mannigfaltigsten und önsten Punkte, Linien, Rosetten, Sterne ꝛc. in steter, bunter Farbenabwech-ung zu erzeugen und das beschauende Auge zu ergötzen. Gewöhnlich wird das romatrop mit einem Nebelbilder-Apparat (s. d. Art.) verbunden, weshalb anzuwendende Laterna magica in der Regel mit zwei Hydro-Oxygen-Gas-mmen versehen sein muß, weil die durch dieselben erzeugte starke Beleuchtungs-tensität das wechselnde Farbenspiel des Chromatrops weit lebhafter und schöner zustellen vermag, als das trübe Licht der Oelflamme in der gewöhnlichen La-na magica. J.

Chronologie (a. d. griech. χρόνος Zeit, und λόγος Rede) ist die mit der itabmessung oder mit der Vergleichung der zur Zeitabmessung dienenden Zeit-theilungen sich beschäftigende Wissenschaft, welche in die theoretische (ma-ematische) und in die praktische (technische oder historische) Chro-logie eingetheilt wird. Dem erstern Theile gehört das aus der Astronomie an, s den Zeiteintheilungen, sowie den Vergleichungen verschiedener Zeiträume zur undlage dienen muß; dies sind also die Bestimmungen der wahren Länge der schiedenen Tage, Monate, Jahre und der Zeiträume, nach deren Verlauf Mond d Sonne zu denselben Stellungen zurückkehren. Dem zweiten Theile der Chro-logie gehören die historischen zuverlässigen Nachrichten und Kenntnisse von dem , was die kalendarische Regulirung der einzelnen Tage, Monate und Jahre, vie den Festkalender verschiedener Nationen der Vor- und Jetztzeit betrifft. Die ronologie gewährt dem Geschichtsforscher ein sehr wichtiges Hülfsmittel dadurch, ß sie zeigt, wie das Datum berühmter Begebenheiten, die von auffallenden Him-lserscheinungen begleitet waren, sicher ermittelt werden kann. — Uebrigens ver-isen wir hinsichtlich der wichtigsten Gegenstände der mathematischen und histori-en Chronologie unsere Leser auf die in diesem Wörterbuche vorkommenden nzelnen Artikel: Cyklus, Finsternisse, Jahr, Kalender, Monat ꝛc. - Aus der chronologischen Literatur mögen hier nur folgende Werke bemerkt rden: Scaliger de Emendatione temporum 1587; Dion. Petavii

Doctrina temporum; Joh. Bapt. Riccioli Chronol. reformata; Calvisii Introd. in Chronologiam; Petavius ration. Temporum; Aegidii Strauchii chronologicum; Wolfs' Anfangsgr. d. Chronol.; Blaiby's allgem. Zeitrechn. für d. vergang., gegenwärt. und zukünft. Zeit v. Chr. Geb. bis Anno 3000 ꝛc. Leipz. 1818; Ideler's Handb. der mathem. u. techn. Chronol. Berlin 1825; J. J. Littrow's Kalendariographie ꝛc. Wien 1828. J.

Chronometer (franz. Chronomètre, Montre marine, engl. Timekeeper), Seeuhr, Längenuhr könnte, dem Worte nach, jedes zur Zeitmessung bestimmte Instrument, also jede Uhr genannt werden, bezeichnet jedoch nur eine mittelst Federkraft in Bewegung gesetzte und durch Schwingungen einer Feder regulirte Uhr, aber nicht etwa jede gewöhnliche Taschenuhr, sondern blos eine zum astronomischen oder sonst wissenschaftlichen Gebrauche bestimmte, mit großer Sorgfalt construirte Federuhr. Ihrer äußeren Gestalt nach haben die Chronometer entweder die Form einer Taschenuhr (Taschenchronometer), oder das Werk ist in ein cylinderförmiges, aufrecht stehendes Gehäuse (Vorchronometer) eingeschlossen.

Die bewegende Kraft eines jeden Chronometers ist eine in ein cylinderförmiges Gehäuse (die Trommel) eingeschlossene Stahlfeder, welche, durch das Aufziehen der Uhr zusammengewickelt, sich wieder ausdehnen und das Räderwerk in Bewegung setzen muß. Das Ausdehnen der Stahlfeder geschieht aber anfangs mit stärkerer, dann mit stets geringerer Kraft, wodurch ein ungleichmäßiger Gang der Uhr entstehen würde, welcher jedoch auf folgende Weise vermieden wird. Die Trommel läßt man nicht unmittelbar, sondern erst durch das sogenannte Schneckenrad in das Räderwerk eingreifen; Trommel und Schneckenrad sind durch eine freie Kette so verbunden, daß bei Drehung der Trommel [illegible] Schneckenrad sich dreht, folglich zieht, nach bewerkstelligtem Aufzuge der [illegible] Kette am oberen Theile des Schneckenrades, mithin an einem kleinern [illegible] Je mehr nun aber die Feder in der Trommel sich ausdehnt, folglich [illegible] ihre bewegende Kraft wird, an einem desto größern Hebelarme ziehe [illegible] Schneckenrade allmälig abwickelnde, auf die Trommel sich aufwickelnde [illegible] diese Art wird das unmittelbar in das Räderwerk eingreifende Ste[illegible] stets gleicher Kraft das Ganze in Bewegung setzen, sobald nur sei[illegible] gehörig der Kraft der Feder angepaßt sind. Doch kann, wie weiter [illegible] werden soll, bei einer gewissen Constructionsweise der Chronometer [illegible] rad entbehrt werden.

Mittelst mehrerer Zwischenräder setzt das Schneckenrad nun [illegible] Bewegung und endlich auch das Rad (das Steigrad), welches [illegible] genden Unruhe oder dem Balancier in directer Verbindung [illegible] wichtigste Theil des Chronometers ist; die Schwingungen der Unr[illegible] eine äußerst feine, sehr elastische Stahlfeder (die Spiralfeder), [illegible] unterscheidet sich zwar hinsichtlich des Räderwerkes, von welchem [illegible] beluhr und Räderwerk ein Mehreres die Rede sein wird, [illegible] im Allgemeinen nicht viel von einer gewöhnlichen Taschenuhr, [illegible] rücksichtlich der Art und Weise, wie bei einem Chronometer [illegible] dem Balancier in Verbindung steht. Man wendet jetzt bei Chronometern zwei Arten solcher, die Hemmung genannten, Verbindungsarten an: 1) die freie

Hemmung und 2) die freie Hemmung mit constanter Kraft; beide sind wegen ihrer Einfachheit und sinnreichen Construction mit Recht bewunderte Meisterstücke des menschlichen Erfindungsgeistes.

Im Allgemeinen bezweckt bei jeder Feder- und Pendeluhr die Hemmung die Verhinderung des plötzlichen Ablaufens und die Erzeugung eines allmäligen gleichförmigen Fortgangs der Uhr. Gewöhnliche Taschenuhren haben die sogenannte Spindelhemmung, Cylinderuhren die Cylinderhemmung (fast stets ohne Schneckenrad) und sehr gute Uhren die Ankerhemmung. Diese drei Hemmungen verursachen jedoch sämmtlich mehr oder weniger, daß das Steigrad während der Schwingungen der Unruhe auf diese selbst drückt, mithin ihre freie Bewegung hindert und hierdurch die gleichmäßige Dauer der Schwingungen ganz unmöglich macht, worauf es doch bei Chronometern ganz allein ankommt. Wird nämlich von letztern verlangt, daß sie Tag für Tag kaum um etliche Zehntel-Secunden von ihrem gleichmäßigen Gange abweichen sollen, so läßt sich leicht ermessen, wie viel dann auf eine Schwingungsdauer selbst kommt. Auch unmerklich geringe Abweichungen in der Gleichheit der Schwingungen würden sich nach der Zeit eines Tages zu enormen Abweichungen, vielleicht gar zu einer Minute anhäufen, so daß ein Chronometer heute eine Minute vor, morgen vielleicht wieder eine Minute nach gehen würde. Daher kann bei Chronometern nur eine der beiden, den erwähnten Hemmungen, da bloß diese eine freie Bewegung des Balanciers erstatten, angewendet werden. Wir wollen daher diese zwei Hemmungen jetzt näher beschreiben.

I. Die freie Hemmung, durch nebenstehende Fig. in vergrößertem Maßstabe abgebildet. A ist das in der Richtung des Pfeils sich drehende Steigrad;

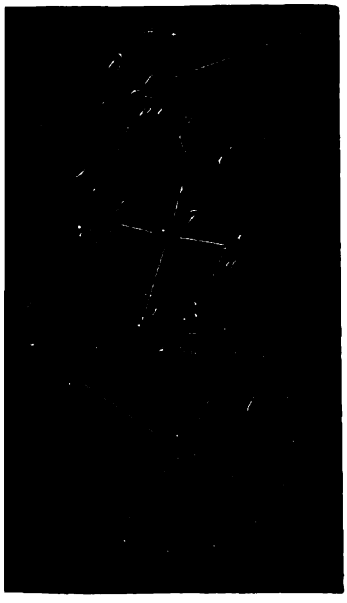
C die Axe, an welcher der Balancier an den zwei nach rechts und links ausgehenden Speichen, sowie auch die Spiralfeder befestigt ist, was in der Figur wegen Mangels an Raum nicht dargestellt werden konnte. B ist eine mit dem Einschnitte uvx versehene kreisförmige Scheibe, mit der Axe C in fester Verbindung, so daß sie zugleich mit der Unruhe schwingt und hierbei die Zähne r und s des Steigrades nicht berührt, sondern nur knapp vorbeigeht. Ein unten festgeschraubter, aus einer feinen Stahlfeder bestehender, gerader Hebel DDD strebt zufolge seiner Federkraft nach rechts auszuweichen, wird hieran jedoch durch den festen Stift q gehindert, und besteht oben aus den beiden Theilen m und n; n ist eine bei E an m festgemachte noch feinere Stahlfeder, die zufolge ihrer eigenen Federkraft nach links auszuweichen strebt, so daß sie also stets oben

bei l an dem krumm gebogenen ſtärkern Hebel D anliegt. Bei p iſt an D ein kleines Metallſtück angebracht, auf dem der Zahn t des Steigrades aufliegt, ſo daß nun die Bewegung des Steigrades gehemmt iſt; an der Axe der Unruhe befindet ſich bei h ein kleiner Zapfen.

Man denke ſich nun die Unruhe in ſchwingender Bewegung zuerſt in der Richtung des Pfeils I, bis ſie von dem Zuſtande an, den Fig. I. darſtellt, ungefähr noch 300 Grade durchlaufen hat. Dann geht ſie nach der Richtung des Pfeils II zurück; iſt nun der Zapfen h bei l angekommen, ſo hebt er die Feder und geht ungehindert vorbei, was wegen ihrer großen Dünnheit ſehr wenig erfordert. Bei l vorbeigekommen, legt die Unruhe ungefähr noch einen Bogen von 100° zurück, wobei ſich alſo der Zapfen h auf der rechten Seite des Hebels befindet. Hierauf wird die Unruhe wieder zurückgehen, nunmehr aber den Zapfen h, wieder bis l gekommen, den ganzen Hebel D nach der linken Seite ziehen. Sobald dies geſchieht, wird dem Radzapfen t ſeine Vorlage bei p, die ihn am Steigrad ſich zu bewegen hinderte, weggezogen; es wird frei werden und ſich in der angezeigten Richtung plötzlich drehen. Dabei wird jedoch der Zapfen t bald den Einſchnitt vu bei u auffallen, wodurch die Unruhe einen plötzlichen, in Tauſendtel-Secunde dauernden Stoß erhält. Sobald nun aber der Zapfen den Hebel D gehoben, fällt er wieder zurück bis an den Stift q, welcher ihn am Fallen hindert, was offenbar geſchehen muß, ehe noch der Radzapfen s die Vorlage p erreicht; das Steigrad wird alſo von neuem hier gehemmt werden. Jetzt wiederholt ſich das ganze Spiel der Bewegung auf völlig gleiche Weiſe. Man ſieht leicht, daß bei dieſer ſinnreichen Hemmung das Steigrad durchaus nicht mit der Unruhe während ihrer Schwingung in Berührung kommt. Bloß dann findet eine jedoch ungemein kurze Berührung ſtatt, ſobald der Zapfen des Steigrades auf den Einſchnitt vu fällt, wodurch die Unruhe den erforderlichen Impuls empfängt; ſie kann demnach ihre Schwingungen ganz frei und ungehindert vollenden. Denn die Hebung der Hebel erfordert eine kaum in Anſchlag zu bringende Kraft, die faſt ganz verſchwindend klein gegen die elaſtiſche Kraft der Spiralfeder ſich betrachten läßt. Die augenblicklichen, von dem Steigrade der Unruhe zu gebenden Impulſe müſſen ſtets von gleicher Stärke ſein, weshalb bei dieſer Hemmung ein Schneckenrad nicht fehlen darf.

II. Die freie Hemmung mit conſtanter Kraft, bei welcher das Schneckenrad wegfällt, iſt, obſchon complicirter, doch ungleich ſinnreicher als die einfache freie Hemmung, und läßt wohl nichts zu wünſchen übrig. Sie wird in nachſtehender Fig. II. dargeſtellt. Die Unruhe, die ausgeſchnittene Scheibe B, der gegen den Stift q drückende Hebel DD und der kleine Zapfen h ſind wie in Fig. I. Dagegen iſt das Steigrad A anders eingerichtet; die in der Zeichnung angegebenen Punkte ſind aufrecht ſtehende Stifte. Das Steigrad hat ſeine Zähne, die in ein anderes ſehr kleines Rad eingreifen, mit welchem der einarmige Hebel r verbunden iſt. Das Steigrad dreht ſich nun nach der Richtung des Pfeils, der Hebelarm wird alſo nach rechts auszuweichen ſtreben, jedoch daran gehindert durch den nach unten eingeſchnittenen Hebelarm x des einarmigen Hebels rsix, welcher in F einen Drehungspunkt beſitzt. Dieſem Hebel, der bei dieſer Hemmung eine Hauptrolle ſpielt, wird mittelſt der Feder E das Beſtreben mitgetheilt, den Hebelarm r nach links zu bewegen und zwar offenbar ſtets mit conſtanter Kraft. Dieſe

II.



Ausſchreiten wird jedoch auf die Weiſe gehindert, daß der Hebelarm t auf dem Vorſprunge p des Hebels D aufliegt. Er hemmt aber auch zugleich das Steigrad, indem ſich letzteres nur bewegen könnte, ſobald y nicht von x aufgehalten würde. Die Lage der Unruhe iſt ſo, daß, wie auch Fig. II. zeigt, die Scheibe ſehr nahe an r vorbeigeht, aber es nicht berührt. Denken wir uns nun die Unruhe ſchwingend, ſo wird der Zapfen h einmal durch Hebung der kleinen Feder bei l ungehindert vorbeigehen, dann aber, ſo bald die Bewegung entgegengeſetzt und folglich ſo geworden iſt, wie ſie durch den Pfeil bei B angedeutet wird, den Hebel D heben. Dadurch wird dem vierarmigen Hebel die Vorlage p weggezogen und der Hebelarm r auf den Einſchnitt vu fallen und ſomit der Unruhe einen augenblicklichen Impuls geben, der Hebelarm s dagegen zu gleicher Zeit nach dem Stifte z des Steigrades zu fallen und alſo offenbar in dieſer Lage bleiben, wenn nicht durch dieſelbe Bewegung es vierarmigen Hebels auch dem Hebel y ſeine Vorlage entzogen und das Steigrad auf dieſe Weiſe ſelbſt frei würde. Durch die Bewegung des Steigrades wird aber der Hebelarm s vom Stifte z mit fortgeführt, t tritt wieder inter p, und q wird, nachdem es ſich einmal herumgedreht, durch x gehemmt, wodurch folglich Alles wieder die Lage erreicht, wie ſie Fig. II. darſtellt. Alle dieſe Bewegungen, obſchon in gewiſſer Aufeinanderfolge, geſchehen doch ſo plötzlich, daß ſie vollendet ſind, ehe noch der ausgeſchnittene Theil er Scheibe B ganz vor r vorbei gegangen iſt, mithin wenn das Chronometer halbe Secunden angiebt, ungefähr im 30. Theile einer Secunde. Bei dieſer Hemmung iſt folglich durchaus nicht nöthig, daß das Steigrad ſtets mit gleicher Kraft gedreht werde, wofern dieſe nur immer ſtark genug iſt, den vierarmigen Hebel wieder in ſeine vorige Lage zurück zu bringen. Denn die Unruhe empfängt die Impulſe nicht von dem Steigrade, mit welchem ſie in keine Berührung kommt, ſondern von dem vierarmigen mittelſt der Feder E angeſpannten Hebel. So lange aber dieſe Feder gleiche Elaſticität behält (was ſicher Jahre hindurch ſtattfindet), ſo lange wird auch die Unruhe gleich ſtarke Impulſe erhalten. Demnach iſt bei dieſer Hemmung ein Schneckenrad überflüſſig. Gewöhnlich wird die freie Hemmung mit conſtanter Kraft bloß bei Vorchronometern angewandt, weil Taſchenchronometer den hierzu nöthigen Raum nicht beſitzen. Uebrigens ſollen Fig. I. und Fig. II. bloß das Princip darſtellen, keineswegs aber zeigen, wie die einzelnen Theile dieſer Hemmungen wirklich ausgeführt werden müſſen, was ohnedem den Künſtlern zu überlaſſen iſt.

Eine wichtige Rolle ſpielt, wie bei jeder Federuhr überhaupt, vorzüglich bei einem Chronometer die Spiralfeder. Da nämlich von ihr ſo ungemein viel abhängt,

so macht man sie durchweg von gleicher Stärke und windet sie cylinderförmig, daß also die einzelnen Windungen über einander liegen, doch aber sich nicht berühren dürfen. Die Länge und Stärke der Spiralfeder muß zu dem Trägheitsmoment der Unruhe ein gewisses constantes Verhältniß haben, damit alle Schwingungen der Unruhe, sie mögen nun groß oder klein sein, in derselben Zeit vollendet werden, d. h. sie müssen tautochron sein und nicht bloß isochronisch, wie die Künstler zu sagen pflegen, allerdings die schwierigste Forderung, welche der Chronometermacher zu erfüllen hat. Es giebt, der Erfahrung zufolge, für jedes Trägheitsmoment der Unruhe nur eine einzige Spiralfeder von gewisser Länge und Dicke, welche die Schwingungen der Unruhe tautochron macht. Tautochronismus der Schwingungen aber ist eine unerläßliche Bedingung. Denn anfangs, wo das Öl im Chronometer noch frisch ist, werden die Schwingungen größer sein, allein jedoch stets kleiner und kleiner, natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze. Wäre also kein Tautochronismus vorhanden, so würde ein Chronometer anfangs nachgehen und im Laufe der Zeit einen immer schnellern Gang annehmen.

Bisher war angenommen, daß ein Chronometer bei einer gewissen Temperatur den richtigen Gang habe. Weil aber die Temperatur sich häufig bedeutend ändert, so wird vorzüglich wegen der veränderten Länge der Spiralfeder eine Beschleunigung oder Verzögerung des Ganges eintreten. Diesen Fehler vermeidet man durch die sogenannte Compensation der Unruhe; man findet dieselbe zu Ende des Artikels Compensation näher beschrieben.

In der Verfertigung ausgezeichnet guter Chronometer haben sich Harrison, Le Roy, die beiden Berthoud, Arnold, Kendal, Brookbanks, Pennington, Mudge, Emery, Barrow, Earnshaw, Jürgensen, Bréguet, Kessels, Dent u. A. m. berühmt gemacht; die Kunsterzeugnisse der vier zuletzt genannten erregen die größte Bewunderung und werden jetzt am meisten gesucht. — Was übrigens den in neuerer Zeit wahrgenommenen merkwürdigen Einfluß des Erdmagnetismus auf den Gang der Chronometer während mancher Seereisen betrifft, so fand sich sehr häufig ein Unterschied von einer oder mehrern Secunden im täglichen Gange eines Chronometers, sobald dieses mit der Stundenzahl Xll einmal nach dieser, dann aber nach der entgegengesetzten Richtung gewendet wurde. Die Ursache hiervon liegt höchst wahrscheinlich in dem Magnetismus der Unruhe oder vielmehr in dem des stählernen diametralen Steges der Unruhe, weshalb man auch vorgeschlagen hat, diesen Steg aus Platina anzufertigen. Man sehe hierüber: Edinb. Philos. Journ. No. 17 p. 41, No. 19 p. 1 und Philos. Transact. for 1822 p. 241.

Wie schon zu Anfange dieses Artikels bemerkt worden, ist der Zweck eines Chronometers, eine genaue Zeitbestimmung abzugeben, dann aber auch vorzüglich die Zeiten zweier Orte unmittelbar mit einander vergleichen lassen zu können, um die Meridiandifferenz dieser beiden Orte zu finden. Wie hierbei am sichersten zu verfahren ist, wird z. B. in G. A. Jahn's Prakt. Astron. II. Bd. S. 71 ff. (Berlin 1835) ziemlich ausführlich nachgewiesen. Daher giebt der Gebrauch eines sehr guten Chronometers bekanntlich die einfachste Methode der Längenbestimmung sowohl auf dem festen Lande als auch ganz besonders zur See, daher die Chronometer auch See- oder Längenuhren genannt werden. J.

Chrysotypie, s. Lichtbilder.

Circumpolarsterne, heißen die, dem uns sichtbaren Nordpole des Himmelsquators nahestehenden, Fixsterne, unter denen der Polarstern, als dem Pole am nächsten stehend, der wichtigste ist. Die Beobachtungen der Circumpolarsterne geben ie Bestimmung der Polhöhe φ des Beobachtungsortes; denn bezeichnen H und h espective die in der obern und untern Culmination eines Circumpolarsterns beobachteten, bereits von der Refraction befreieten, Meridianhöhen desselben, so ist entweder $=H-\frac{1}{2}(H-h)$ oder $\varphi=h+\frac{1}{2}(H-h)$ oder $\varphi=\frac{1}{2}(H+h)$. Nur auf wegen der Ungleichheit der Refraction die Differenz H — h nicht zu groß sein; uch muß man die Sternzeit genau kennen. Man beobachtet daher lieber gleiche öhen der Circumpolarsterne, d. h. man observirt zu beiden Seiten des leridians in nahe gleicher Distanz von diesem einen Circumpolarstern, indem abei der Fehler des Stundenwinkels in entgegengesetztem Sinne auf die Höhenderung dieses Circumpolarsterns einwirkt. Auch können die Fehler eines Passaminstruments durch beobachtete Circumpolarsterne bestimmt werden. J.

Cirkel, s. Cyklus.

Cohäsion (v. d. lat. cohaerere zusammenhängen), heißt der Zusammenang der Theile eines und desselben Körpers unter einander. Am stärksten ist ser Zusammenhang bei denjenigen Körpern, welche feste Körper heißen. Die ößere oder geringere Cohäsion der Theile dieser Körper unter einander bestimmt n Grad ihrer Festigkeit, so daß die Untersuchungen über die Cohäsion dieser örper mit denen über ihre Festigkeit zusammenfallen; s. d. Art. Festigkeit. ch tropfbar flüssige Körper zeigen Cohäsion, indem ihre Theile in stärkerem oder wächerem Zusammenhange unter einander stehen bei den verschiedenen Flüssigten, indem einige mehr, andere weniger zäh sind. Die Tropfenbildung selbst gt, daß Zusammenhang der Theile eines flüssigen Körpers unter einander tfindet.

Ist die Anziehung eines flüssigen oder eines festen Körpers stärker, als der sammenhang der Theile des flüssigen Körpers unter einander, so bilden sich, nn beide Körper zusammen gebracht werden, keine Tropfen, sondern der flüssige örper breitet sich über die Oberfläche des festen Körpers aus, benetzt den Körper. dagegen die Cohäsion des tropfbar flüssigen Körpers stärker als die Adhäsion dem festen Körper, so wird er auf dem letzteren Tropfen bilden, runde Kugeln, lche durch die Schwere und die Adhäsion etwas plattgedrückt sind. So z. B. det Queckſilber auf Glas, Wasser auf Bärlappsamen, der Thau auf den Blätn der Pflanzen, Tropfen. Auffallend läßt sich die Cohäsion des Queckſilbers dweisen, wenn man kleine Kügelchen desselben, von möglichst gleicher Größe, f eine Glasplatte bringt, und eine zweite Glastafel über dieselben legt, so daß se von den Kügelchen getragen wird. Vermehrt man nun die Abplattung der igelchen noch durch Druck auf die obere Glastafel und läßt dann mit dem Drucke ch, so ziehn sich die Kügelchen vermöge der Cohäsion wieder zusammen und heben Glastafel. — Einige Körper werden von bestimmten Flüssigkeiten gar nicht etzt, wenn man sie in dieselben taucht, d. h. die Anziehung dieser Körper gegen flüssigen (Adhäsion) ist so gering, daß sie nicht im Stande ist, den Zusammenng der Theile des flüssigen Körpers unter einander zu zerreißen. So wird Fett rch Wasser nicht benetzt, Eisen nicht durch Queckſilber. Das Queckſilber benetzt n gemeinen Flor nicht. Daher kann man in einem Flore Queckſilber tragen, ne daß dieses hindurchläuft, durch die Oeffnungen des Flors treten nur kleine

Halbkugeln des Queckſilbers vor, ohne daß ſie aber herabfallen. So auch kann man Leinen mit Hexenmehl beſtreuen und ſodann Waſſer darin tragen. Auch in den Fällen, wo zwei Flüſſigkeiten ſich nicht mit einander vermiſchen, (wie Oel und Waſſer) findet eine größere Anziehung der Theile der einzelnen Flüſſigkeiten unter einander (Cohäſion), als der Flüſſigkeiten zu einander (Adhäſion) ſtatt.

Die Cohäſion des Waſſers mag auch der Grund ſein, daß man ſpecifiſch ſchwerere Körper als Waſſer doch auf demſelben zum Schwimmen bringen kann wenn dieſelben ſehr dünn ſind, z. B. Nähnadeln. Eine ſtählerne Nähnadel von 0,5 Par. Linien Durchmeſſer und 19 Linien Länge, deren Gewicht 3,5 Gran beträgt, iſt nach Parrot die größte, welche noch zum Schwimmen auf Waſſer gebracht werden kann. *). Man hat geglaubt, daß eine feine Haut ſich über dem Waſſer bilde, welche hinlänglich ſtark wäre, um das Durchbrechen jener kleinen Körper zu hindern, allein die Erſcheinung iſt hinlänglich erklärt, wenn man annimmt, daß die Cohäſionskraft der Theile des Waſſers unter einander größer ſei, als daß ſie durch den Druck jener kleinen Körper überwunden werden könnte. Rumford **) erinnert, daß ohne den Zuſammenhang und die gegenſeitige Anziehung der Waſſertheile unter einander, durch den Sturm viel ungeheure Maſſen Waſſers, und viel weiter fortgeführt werden müßten, als geſchieht; dies wird beſonders einleuchtend, wenn man bedenkt, wie der Sturm Sand- und Staubwolken mit ſich fortzuführen vermag. Andere Flüſſigkeiten haben geringere Cohäſion als Waſſer, daher auch kleine ſpecifiſch ſchwerere Körper in ihnen ſchwerer oder gar nicht zum Schwimmen zu bringen ſind; z. B. Alkohol, Aether, und hieraus folgert Rumford, daß dieſe Flüſſigkeiten auch leichter als Waſſer verdunſten. Hierher gehören auch die Erſcheinungen, daß Goldblättchen obgleich ſie ſpecifiſch viel ſchwerer als Waſſer ſind, doch in dieſem nicht untergehen; ebenſo bleiben die feinſten Theile der Pigmente im Waſſer ſehr lange ſchwebend. Spinnen und andere kleine Waſſerthiere laufen, ohne unterzuſinken, über das Waſſer hin, weil ſie dünne fadenartig in 5 bis 6 Spitzen auslaufende Füße haben, mit wie die erwähnten Nähnadeln nicht unterſinken, ſondern nur eine kleine Vertiefung in das Waſſer machen.

Für die Anſicht, daß die Wärme das der Anziehung entgegengeſetzte Princip ſei (vergl. d. Art. Abſtoßung, S. 17), wie man am deutlichſten an der Ausdehnung der Körper durch Wärme, beſonders auch an der Verdampfung der Flüſſigkeiten ſieht, — ſpricht auch der von La Place und Lichtenberg beobachtete Umſtand, daß eine erwärmte Flüſſigkeit mehr und kleinere Tropfen giebt, als eine kalte; auch breitet ſich erwärmtes Waſſer leichter und ſchneller aus als kaltes. Der Cohäſion wirkt ferner auch die Elektricität entgegen. Wenn man in einer Flüſſigkeit einerlei Elektricität anhäuft, ſo wird dadurch die Cohäſion derſelben vermindert, indem ſich die gleichartig elektriſch gewordenen Flüſſigkeitstheilchen gegenſeitig abſtoßen. Waſſer z. B. in einem Gefäße, welches ſo ſchief geſtellt iſt, daß das Waſſer nur gerade gehalten durch die Cohäſionskraft nicht heraus tropft, — tropft alsbald aus dem Gefäße heraus, wenn es elektriſirt wird.

Man hat die ganze Erſcheinung der Cohäſion aus dem Drucke der atmoſphä-

*) Gilb. Ann. Bd. XXV. S. 121 ff.
**) Theor. Phys. T. I. p. 339.

riſchen Luft erklären wollen *), doch kommt man mit dieſer Erklärung namentlich bei den feſten Körpern gar nicht aus. Allerdings werden durch den atmoſphäriſchen Druck die Theilchen einer Flüſſigkeit und die in derſelben enthaltenen Gastheilchen comprimirt, welche letztere dann unter der Luftpumpe bei Aufhebung des Luftdruckes entweichen können und ein Wallen der Flüſſigkeit erzeugen. Die eigentliche Cohäſionskraft der Flüſſigkeitstheilchen wird jedoch dadurch keineswegs vermindert, im Gegentheile ſcheint ſie ſich zu verſtärken, wie F. Donny **) neuerdings durch mehrere intereſſante Verſuche mit Schwefelſäure und Waſſer gezeigt hat. Derſelbe füllte den verſchloſſenen 1,30 Meter langen Schenkel eines U-förmigen Manometers mit Schwefelſäure und befreite dieſe von den in ihr enthaltenen Luftheilchen. Hierauf wurde der Apparat unter die Luftpumpe gebracht und obgleich in offenen Schenkel des Manometers die Schwefelſäure nur 45 Millimeter hoch ſtand, ſo daß der Höhenunterſchied beider Säulen 1,255 Meter betrug, ſank die längere Flüſſigkeitsſäule nach Aufhebung des äußeren Luftdruckes doch ſelbſt dann nicht einmal, als man der Luftpumpe ziemlich ſtarke Stöße ertheilte. Dieſe Säule wurde alſo nur durch die Anziehungskraft des Glaſes und Cohäſion der Flüſſigkeitstheilchen getragen. Ebenſo zeigte ſich bei den Verſuchen mit Waſſer eine bedeutende Cohäſion und Donny glaubt, daß dieſelbe eine Säule von mehr als 10 Meter Höhe zu tragen im Stande ſein würde. Als er das luftfreie Waſſer erhitzte, glückte es ihm, die Wärme bis 135° C. zu ſteigern, ohne daß es zum Sieden kam. Da nun aber unter einem Drucke von drei Atmoſphären das Waſſer bei 135° C. erhitzt nicht in flüſſigem Zuſtande bleiben kann, ſo würde hieraus folgen, daß die Cohäſionskraft für ſich allein jenem Drucke das Gleichgewicht halten würde.

Donny glaubt, daß das Aufſtoßen, welches ſich bei Flüſſigkeiten einſtellt, die einige Zeit im Sieden erhalten werden, darauf beruhe, daß die Cohäſion einer ſtark erhitzten und daher nur wenig oder keine Lufttheilchen enthaltenden Maſſe Flüſſigkeit plötzlich unterbrochen werde. In der That iſt es ihm auch geglückt, durch einen hinzugeführten Strom atmoſphäriſcher Luft dies Aufſtoßen zu verhüten.

Die Cohäſionskraft iſt hiernach eine viel bedeutendere Kraft, als man bisher glaubte, indem man ſie nach dem Widerſtande ſchätzte, den eine an einer Scheibe adhärirende emporgehobene Flüſſigkeitsſäule dem Zerreißen entgegenſetzte. Allein dies Zerreißen erfolgt, wie Donny mit Recht bemerkt, nicht plötzlich, ſo daß alle an den Trennungsflächen liegenden Theilchen zu gleicher Zeit aus einander gehen, was bei den feſten Körpern geſchieht, ſondern die Flüſſigkeitsſäule verlängert ſich bis zur völligen Trennung. Ja man kann nicht einmal behaupten, daß hierbei die Flüſſigkeitstheilchen von einander geriſſen wurden, vielmehr verſchieben ſie ſich nur an einander, wozu bei ihrer großen Beweglichkeit wenig Kraft erforderlich iſt. Es ſteht zu erwarten, daß über dieſen Punkt die Phyſiker genauere Unterſuchungen anſtellen.

Bei elaſtiſchen Flüſſigkeiten kann man von Cohäſion nicht ſprechen, da ſich dieſe ſtets von ſelbſt ſoweit ausdehnen, als es der Raum zuläßt, in dem ſie eingeſchloſſen ſind.

*) Joh. Bernoulli dissert. de gravitate aetheris 1682. — Hawksbee in Phil. Tr. XXV. p. 2223.

**) Pogg. Ann. Bd. LXVII. S. 562.

Cohäſionsplatten, ſ. Adhäſionsplatten.

Collectivglas, ſ. Brennglas.

Collector, ſ. Condenſator.

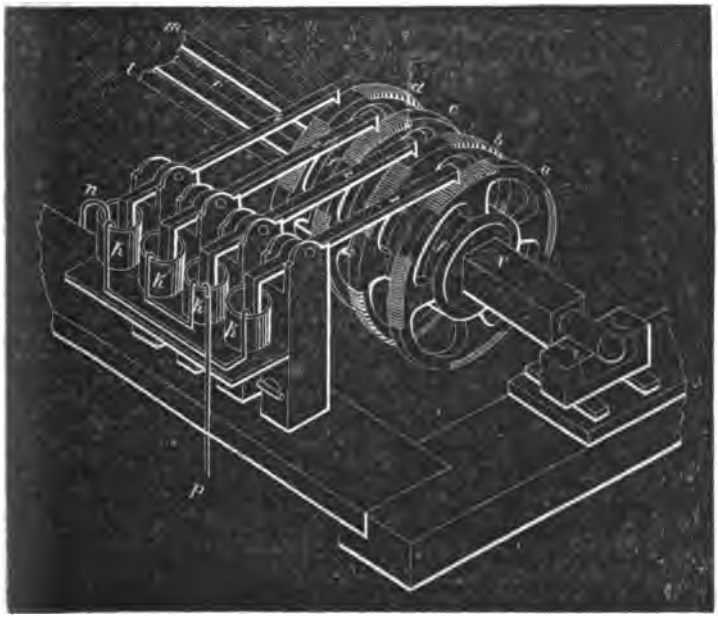
Collimation, Collimationsfehler, ſ. Collimator.

Collimator und Collimationsfehler. Erſterer iſt im Allgemeinen ein zur Berichtigung der optiſchen Axe eines Mittagsfernrohrs oder eines Meridiankreiſes dienender Apparat. Er iſt ein, mit einem Fadennetz verſehenes, Fernrohr und ſein Gebrauch beruht auf dem Satze, daß man alle im Sehfelde eines Fernrohrs befindlichen Gegenſtände, vom Objectivglas aus betrachtet, als unendlich entfernte Punkte wahrnimmt. Richtet man demnach zwei Fernröhre mit ihren Objectivgläſern gegen einander, ſo daß ihre Axen in eine und dieſelbe Gerade fallen, ſo wird man in dem einen Fernrohre das Fadennetz des andern ſo erblicken, als kämen die Strahlen von einem unendlich entfernten Punkte. Soll z. B. der Collimationsfehler eines Mittagsfernrohrs, d. h. die Abweichung der optiſchen Axe deſſelben von dem auf die Drehungsaxe des Inſtruments gefällten Perpendikel, ausgemittelt und corrigirt werden, ſo richtet man das Inſtrument auf einen entfernten Punkt des Horizonts, bemerkt ſich die Lage des verticalen Fadens gegen denſelben und legt dann das Mittagsrohr um, ſo daß der vorhin nach Oſten gerichtete Zapfen der horizontalen Drehungsaxe nun nach Weſten gerichtet iſt. Hat jetzt der bemerkte Punkt in dieſer neuen Lage des Fernrohrs wieder dieſelbe Lage gegen den Verticalfaden, ſo iſt kein Collimationsfehler vorhanden; im entgegengeſetzten Falle wird man aber die Hälfte der beobachteten Differenz corrigiren müſſen. Zweckmäßiger kann man ſich einen entfernten Punkt mittelſt des Collimators verſchaffen, indem man ein anderes kleineres Mittagsfernrohr ſo aufſtellt, daß man mit dem größern in das Objectivglas des kleinern ſehen kann. Dann wird das Fadennetz des Collimators ſo erblickt, als kämen die Strahlen aus unendlicher Ferne; auch wird hierbei noch der Vortheil erreicht, daß man ſelbſt bei Nacht mittelſt Erleuchtung des Fadennetzes im Collimator einen ſolchen fixen Punkt erhalten kann. Es wird übrigens dem Fadennetz des Collimators eine ſolche Lage gegeben, daß die Fäden gegen den Horizont unter 45° geneigt ſind, weil ſich dann der Durchſchnittspunkt der Fäden am beſten gegen den Verticalfaden des Mittagsfernrohrs bemerklich macht. — Bei einem Meridiankreiſe iſt die Kenntniß des Zenithpunktes eine der wichtigſten Elemente, ohne das man die mit demſelben angeſtellten Beobachtungen nicht berechnen kann. Zur Beſtimmung deſſelben kann man ſich des von Capitän Kater erfundenen ſchwimmenden Collimators bedienen, der aus einem kleinen, auf einem eiſernen Schwimmer dergeſtalt befeſtigten Fernrohre beſteht, daß dieſes eine möglichſt horizontale Richtung annimmt, wenn man den ganzen Apparat auf einer Queckſilberfläche ſchwimmen läßt. Bringt man nun dieſen Collimator einmal auf die eine Seite des Meridiankreiſes, ſodann auf die andere und mißt beide Male den Zenithabſtand des Durchſchnittpunktes der Fäden im Collimator, indem man die Objectivgläſer beider Fernröhre gegen einander richtet, ſo kann man dieſe Zenithdiſtanzen als die zweier Sterne betrachten, welche gleiche Höhe haben, und von denen der eine nach Norden, der andere nach Süden ſteht. Die Differenz jener Zenithdiſtanzen, die im Allgemeinen nicht gleich ſein werden, zeigt an, wie viel das Zenith des Inſtruments von dem wahren Zenith abweicht. Eine andere und in mancher Hinſicht bequemere Einrichtung hat man dieſem Collimator dadurch gegeben, daß man das kleine Fernrohr ſenkrecht ſtellte. J.

Colorigrade, ſ. Kyanometer.

Columbium, ſ. Tantal.

Commutator (v. d. lat. commutare umändern) hat Jacobi*) eine klug erſonnene Vorrichtung genannt, welche beſtimmt iſt, die Richtung eines elektriſchen Stromes in ſchnell auf einander folgenden Wiederholungen umzukehren. Umwickelt man eine weiche Eiſenſtange mit einem überſponnenen Draht, und läßt durch dieſen einen elektriſchen Strom gehen, ſo wird die Eiſenſtange augenblicklich in einen Magnet (Elektromagnet) verwandelt; das eine Ende iſt nordpolariſch, das andere ſüdpolariſch; verwechſelt man nun aber die Enden des umgewickelten Drahtes, ſo daß ſie mit den entgegengeſetzten Polen des Elektrometers in Verbindung geſetzt werden, ſo verliert die Eiſenſtange während der Umwechslung ihren Magnetismus und iſt nach der Umwechslung ſogleich entgegengeſetzt magnetiſch; da wo früher Nordpol war, iſt jetzt Südpol, da wo Südpol war, Nordpol. Zur Hervorbringung einer rotatoriſchen Bewegung, welche auf der wiederholten Umkehrung der magnetiſchen Polarität von Eiſenſtangen beruht, erfand nun Jacobi ſeinen Commutator. Die nachſtehende Abbildung verſinnlicht denſelben. a, b, c, d ſind vier Kupferſcheiben, befeſtigt auf der Axe rr. Auf der Seite von r' ſteht die



Axe mit den Elektromagneten in Verbindung, auf welche es hier nicht weiter ankommt. Die Scheiben a und b, ſowie c und d ſtehen durch die Kupferröhren und f in leitender Verbindung; beide Scheibenpaare ſind aber durch die überfirnißte Holzaxe zwiſchen den Scheiben b und c vollſtändig von einander iſolirt. Jede Scheibe iſt auf ihrem Umfang in acht genau gleich große Theile getheilt, von denen

*) Mémoire sur l'application de l'électro-magnétisme au mouvement des machines par M. H. Jacobi. Potsdam 1835. Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 367.

vier ausgeschnitten, und durch Ebenholz, Glas, Buchsbaum oder irgend einen andern nicht leitenden Stoff, genau dem Umkreis des Ganzen entsprechend, wieder ausgefüllt sind. Die Scheiben sind so auf der Rotationsaxe befestigt, daß die Holz- und Metallsectoren einander abwechselnd gegenüberstehen. 1, 2, 3, 4 sind vier kupferne, um ihre Axe sehr bewegliche Hebel. Sie haben den Strom der voltaschen Kette zu leiten. Der längere Arm eines jener Hebel läuft in einer Schneide aus, die auf dem Umfang der entsprechenden Scheibe ruht. Der andere Arm ist gekrümmt und taucht in ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäß k. Wie [illegible] sieht, sind einerseits die Gefäße kk und andererseits die k'k' durch Kupfer[illegible] leitend mit einander verbunden. Sie lassen sich aber ebenso auf andere We[illegible] biniren. Das Spiel dieses Commutators ist nun leicht zu verstehen. Die [illegible] sind immer mit den Scheiben in Berührung, und zwar, wenn diese sich [illegible] abwechselnd mit den metallischen und den hölzernen Theilen. Durch die [illegible] lichkeit um ihre Axen geben die Hebel den geringsten Unebenheiten der Ob[illegible] nach, und die durch sie veranlaßte Reibung ist sehr unbedeutend. Die Enden l und m des Drahtes, welcher zur Erzeugung des Elektromagnetismus dient und in welchem die Richtung des Stroms umgekehrt werden soll, sind längs der Axe der großen, die Hufeisen tragenden Scheibe geführt und dann das eine Ende l, das andere m mit den Scheibenpaaren a und b, c und d durch Löthung verbunden. Die Drähte p und n führen zur voltaschen Säule; ersterer taucht in ein Gefäß k', letzterer in eins von k. Werden durch Umdrehung der Axe rr' (welche bei dem Apparate von Jacobi durch die Kraft der voltaschen Säule selbst bewirkt wird) die abwechselnden Umkehrungen der Pole bewirkt, so geht der elektrische Strom bald nach der einen Richtung, bald nach der entgegengesetzten durch den Draht ml, welcher den Elektromagnetismus erzeugt und die Elektromagnete wechseln ebenso ihre Polarität. Wir wollen annehmen, der Draht p stehe mit dem positiven Pole der Säule in Verbindung, der Draht n mit dem negativen Pole. In der Stellung, welche die Zeichnung angiebt, steht Hebel 1 und 3 mit dem Ebenholz in Berührung, Hebel 2 und 4 mit dem Metalle. Der elektrische Strom (vom positiven zum negativen Pole) geht also durch p, in die combinirten Gefäße k' und k' durch Hebel 2 (weil 3 isolirt ist) durch das Scheibenpaar b und a (welche durch ein Stück Kupferröhre leitend verbunden sind) nach m, wird von diesem Drahte um die Elektromagnete geführt und strömt durch l nach der Combination c und d, durch Hebel 4 in die Gefäße k und endlich durch n zum negativen Pole der Säule zurück. Drehen sich die Scheiben um ein Achtel Umdrehung, so kommen die Hebel 1 und 3 auf Metall, die Hebel 2 und 4 auf den Isolator zu liegen und nun geht der Strom durch p nach k', nach Hebel 2 und 3, da aber jetzt Hebel 2 isolirt ist, durch 3 nach der Combination c und d und durch diese nach dem mit ihr fest verbundenen Drahte l, und kehrt durch m, die Combination a und b, den Hebel 1, die Gefäße k endlich durch n zum negativen Pole zurück.

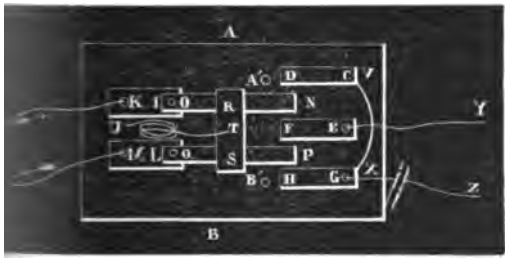
Die diesem Commutator zu Grunde liegende Idee ist vielfach benutzt worden; es liegt auch nahe, die Hebel durch Federn und die Gefäße durch metallische Verbindungen ohne Quecksilber zu ersetzen, nach Art des sogleich näher zu beschreibenden Instrumentes.

Der Commutator von Dujardin *) ist gleichfalls bestimmt, die Ri[illegible]

*) Ann. de Chim. et Phys. Sér. III. T. IX. p. 110. Pogg. Ann. Bd. LI. S. 407.

ung eines elektriſchen Stromes ſchnell und ohne Schwierigkeit umzukehren, aber ier geſchieht dies ganz nach Willkür; es iſt nicht dafür geſorgt, daß es auf eine egelmäßige und ſich ſchnell wiederholende Weiſe geſchehen könne, wie dies bei em Commutator in Folge von deſſen Radbewegung der Fall iſt.

Auf einem rechteckigen Bret AB ſind fünf recht blanke Kupferplättchen befeigt: CD, GH, EF, JK, LM. Die beiden erſten, CD und GH, ſtehen durch einen angelötheten Kupferdraht VX mit einander in Verbindung. Die beiden letzten, IK und LM, enthalten die Löcher K und M, worin die Polardrähte der Säule eingeſteckt, und mittelſt Holz oder Metallpflöcke feſtgeklemmt werden. Ebenſo ſind die Galvanometerdrähte YZ in den



chern EG der Plättchen FE und HG befeſtigt. — NO und PQ ſind zwei Kupferreifen, die in O und Q durch Stifte mit den Plättchen IK und LM drehbar verunden ſind. Ein Holzriegel RS, an welchem ſie mittelſt locker angezogener chrauben befeſtigt ſind, erhält ſie in Parallelismus. Eine Feder TU von Eiſen er Meſſing drückt auf dieſen Riegel, um die Kupferplatten in gehöriger Berühung zu halten. — Die Commutation geſchieht dadurch, daß man die Streifen N und PQ mittelſt des Holzriegels RS hin- und herſchiebt. Berühren dieſe Streifen die Plättchen FE und HG, ſo geht der Strom in einer Richtung durch die Galnometerdrähte, berühren ſie aber die Streifen DC und FE, ſo durchläuft er dieſelben in entgegengeſetzter Richtung. Damit die Verſchiebung ſanft geſchehe, ſind e Zwiſchenräume der drei Plättchen DC, FE, HG durch Holzplatten von gleicher öhe ausgefüllt, und damit ſie nicht zu weit getrieben werde, ſtehen zu beiden eiten die Holzpflöcke A' und B'.

Ein Inſtrument zur beliebigen Umkehrung des Stroms einer hydro- oder ermoelektriſchen Kette, oder auch zur bloßen Unterbrechung deſſelben hat Pogendorff unter dem Namen Inverſor (ſ. d. Art.) angegeben.

Compaß, ſ. Declinatorium.

Compenſation (v. d. lat. compensatio, Aufwägung) bedeutet eigentlich jede orrichtung zur Aufhebung (Aufwägung) irgend eines ſtörenden Einfluſſes, vorigsweiſe aber eine ſolche Vorrichtung, welche dient, den ſtörenden Einfluß der Wärme auf Inſtrumente (durch ihre Eigenſchaft alle Körper auszudehnen) aufzuheben. amentlich wirkt die Wärme ſtörend auf Uhrwerke, wie man an jeder gewöhnlichen aſchenuhr oder Wanduhr bemerken kann, indem die Uhr bald langſamer, bald hneller geht, je nachdem ſich die Temperatur der ſie umgebenden Luft ändert.

Da durch die Wärme jeder Körper, alſo auch die Pendelſtange ausgedehnt ird, ſo muß ſich ein Pendel (ſ. d.) deſto langſamer bewegen, je mehr die es mgebende Luft und durch dieſe es ſelber erwärmt iſt; alſo wird auch jede Pendeluhr i der Wärme langſamer gehen als in der Kälte *). Die Größe dieſes Einfluſſes

*) Brandes ſagt: Der Secundenzeiger der Pendeluhr rückt immer um 60 Secunden ort, wenn das Pendel 60 Schläge vollendet, aber dieſe angeblichen Secunden ſind nicht

läßt sich leicht berechnen. Es dehnt sich bekanntlich das Eisen zwischen 1° bis 100° C. um 0,00117 seiner Länge aus (s. d. Art. Ausdehnung S. 576). Haben wir nun ein Pendel von 440 Par. Linien Länge, so beträgt seine Ausdehnung bei 10° C. dann 0,000117 × 440 Lin. = 0,051. Da nun bei 0,01 Par. Lin. Verlängerung der Pendellänge eine Verspätung des Ganges der Uhr von nahe einer Secunde zur Folge hat, so bleibt eine Uhr, welche bei 1° C. richtig ging, bei 10° C., wenn sie ein eisernes Pendel hat, um 5,1 Sec. binnen 24 Stunden zurück. Hat die Uhr ein Pendel von Messing oder Kupfer, welche Metalle sich beide um 0,0019 zwischen 1° bis 100° C. ausdehnen (s. d. Art. Ausdehnung S. 577 u. 578), so beträgt die Ausdehnung eines Pendels von 440 Lin. Länge bei 10° C. dann 0,00019 × 440 = 0,083 Lin., die Verspätung der Uhr mit einem solchen Pendel in 24 Stunden also 8,3 Secunden. Die Verspätung einer Uhr unter den gegebenen Umständen mit einem eisernen Pendel verhält sich also zur Verspätung einer Uhr mit einem messingenen oder kupfernen Pendel von gleicher Länge, wie 5,1 : 8,3 oder ungefähr 5 : 8; und ebenso verhalten sich auch die relativen Ausdehnungen der genannten Metalle = 0,00117 : 0,00190 = 117 : 190 und des Eisens und Zinks 3,5 : 9, so daß sich eine Uhr mit einem Pendel von Zink, 440 Lin. lang, bei 10° C. um 13 Sec. in 24 Stunden [illegible] späten würde.

Wo es auf Genauigkeit in Bestimmungen mittelst des Pendels [illegible] kann diese Veränderung, welche dasselbe durch die Temperatur erleidet, [illegible] nachlässigt werden, und man mußte daher auf Mittel denken, diesen [illegible] weder ganz aufzuheben oder doch unschädlich zu machen. Das erstere kann [illegible] Fällen dadurch geschehen, daß man die Temperatur, in welcher sich [illegible] befindet, auf einem bestimmten Grade zu erhalten sucht; dies geht aber [illegible] auf Sternwarten, die nicht geheizt werden dürfen, nicht an. Ein anderes [illegible] wäre, zu den Pendeln einen Stoff ausfindig zu machen, der sich gar [illegible] wenig durch die Wärme ausdehnte, daß man den Einfluß dieser Ausdehnung vernachlässigen könnte. Holz wird nach den Längenfasern [illegible] durch die Wärme ausgedehnt, und man kam daher auf den Gedanken, [illegible] Holz zu verfertigen, Graham schlug zu diesem Zwecke das Ebenholz- [illegible] baumholz vor. Das Holz aber ist wieder dem Einflusse der Feuchtigkeit [illegible] gesetzt, und diese bewirkt Verkürzung des Pendels, und man kann [illegible] zernen Pendeln ebenfalls in Irrthümer gerathen, auch in Bezug auf [illegible] der Ausdehnung durch Feuchtigkeit gar keine genaue Correctur anbringen. Tränken in Oel und Ueberziehen mit Firniß läßt sich indeß der Einfluß der [illegible] sehr vermindern oder gänzlich aufheben. Nach von Browne gemachten [illegible] nimmt eine Stange von Theka-Baum-Holz*), wenn sie getrocknet und dann vergoldet ist, keine Feuchtigkeit mehr an. Viele Physiker aber sind gegen die hölzer-

---

Secunden mehr, wenn das Pendel seine Länge ändert; und da unsere Uhren von der kältesten Winterkälte bis zur größten Sommerwärme einer Aenderung von mehr als 60° C. unterworfen sind, so ändert sich ein Pendel mit Stahlstange um etwa $\frac{7}{10000}$ der ganzen Länge, d. i. um reichlich 1/4 Linie, und hierdurch wird die Anzahl der Schwingungen in einem Tage um 30 Schwingungen (bei Messing sogar um 45 Schwingungen) vermindert, wenn die Wärme um so viel zunimmt.

*) Ein hoher Baum in Ostindien.

ten Pendel, und es iſt nur ſoviel gewiß, daß ſie zu Uhren, bei denen es nicht auf mathematiſche Genauigkeit ankommt, ſchon darum die empfehlenswertheſten ind, weil ſie wohlfeiler als genau gearbeitete Compenſationspendel von Metall nd jedenfalls beſſer ſind, als einfache Metallpendel.

Eine andere Art, den Einfluß der Wärme unſchädlich zu machen, d. h. die urch die Wirkungen der Ausdehnung geſtörte Gleichheit der Pendelſchwingungen Isochronismus) wieder herzuſtellen, iſt nun die Compenſation. Hier icht man den Fehler nicht zu vermeiden, ſondern vielmehr einen neuen gleich roßen Fehler einzuführen, welcher jenem entgegenwirkt und dadurch denſelben ufhebt. Aus der obigen Betrachtung ergiebt ſich nämlich ſogleich eine Art der ompenſation, die des Roſtpendels, welchen Harriſon erfunden hat. Schon raham (1715) dachte daran, zwei Metalle verſchiedener Ausdehnbarkeit durch ie Wärme ſo zu verbinden, daß ihre beiderſeitigen Ausdehnungen ſich gegenſeitig ufheben, doch ſchien ihm ein zu geringer Unterſchied der Ausdehnung durch die Bärme bei den Metallen ſtattzufinden, als daß die Sache ausgeführt wer- en könnte.

Das Roſtpendel in ſeiner einfachſten Geſtalt zeigt nachſtehende Figur. Die Pendelſtange HP, die Stangen AB und DE ſind von Eiſen, die Stangen FG und KL dagegen von Zink. Indem ſich nun die Metalle gleichzeitig ausdehnen, ſo wird vermöge der Ausdehnung des Eiſens P ſinken, vermöge der Ausdehnung des Zinkes aber ſteigen, wie die Betrachtung der Figur lehrt. Da ſich aber das Zink ſtärker ausdehnt, als das Eiſen, ſo iſt es möglich, ein ſolches Verhältniß der Eiſen- und Zinkſtangen zu wählen, daß, indem letztere kürzer ſind, bei der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung P vermöge der Zinkſtangen genau um ebenſo viel ſteigt, als es vermöge der Eiſenſtangen ſinkt, d. h. daß die Länge des ganzen Pendels durch die Wärme unverändert bleibt. Zink empfiehlt ſich vorzüglich zur Compenſation wegen ſeiner ſtarken Ausdehnung durch die Wärme, und ſeitdem Smeaton 1754 dieſe entdeckt hat, bedient man ſich daher vorzugsweiſe dieſes Metalles in Verbindung mit Eiſen zur Verfertigung von Roſtpendeln. Sonſt nahm man nach dem Erfinder Harriſon Eiſen und Meſſing. Die verhältnißmäßige Länge der Stangen von verſchiedenen Metallen wird beſtimmt durch die Formel:

$l = L.\frac{e}{z-e}$, wo l und L die Längen der Zink- und Eiſen-

ange, e und z die eigenthümlichen Ausdehnungen des Eiſens und Zinkes bezeichnen. a nun (ſ. S. 984) das Verhältniß der Ausdehnung des Eiſens und Zinkes = ,5 : 9 gefunden worden, ſo iſt hiernach jene Formel

$= L\,\frac{3{,}5}{9-3{,}5} = \frac{7}{11}\,L$; iſt alſo z. B. l = 39 Zoll (d. h. die Eiſen-

angen 39 Zoll lang), ſo müſſen die Zinkſtangen $l = \frac{7}{11}.\,39\,Z. = 24{,}8\,Z.$

in. — Will man ſtatt des Zinkes eines andern Metalles ſich bedienen, ſo braucht

man in der Formel $l = L \cdot \frac{e}{z - e}$ für z nur die dieſem Metalle eigenthümliche Ausdehnung zu ſetzen, wie dieſelbe in der Tafel im Art. Ausdehnung S. 576—579 verzeichnet iſt. Z. B. wollte man ein Roſtpendel aus Meſſing und Eiſen anfertigen, ſo findet ſich die Ausdehnung des Meſſings von 1° bis 100° C. = 0,00190, die des Eiſens = 0,00117, demnach $l = L \cdot \frac{0{,}00117}{0{,}00190 - 0{,}00117} = L\frac{117}{73}$, welches nahe = $^5/_3$ L. Hiernach müßte die Länge der Meſſingſtange um $^2/_3$ die der Eiſenſtange übertreffen; man vertheilt daher, weil es nicht thunlich iſt, die Meſſingſtange länger als die Eiſenſtange zu machen, die $^5/_3$ auf zwei Syſteme, wie nebenſtehende Figur vorſtellt, ſo daß man jeder der zwei aufſteigenden Meſſingſtangen die Länge von $\frac{2^1/_2}{3}$ giebt.

Die angegebene Formel war $l = L \frac{e}{z - e}$, d. h. $lz - le = Le$, und dies giebt $lz = e(L + l)$ oder $\frac{z}{e} = \frac{L + l}{l}$, d. h. $L + l : l = z : e$ oder in Worten ausgeſprochen: Die Summe der Länge der Stäbe beider Metalle verhält ſich zur Länge der Stangen des compenſirenden Metalles, wie die Ausdehnung des compenſirenden Metalles zur Ausdehnung des andern Metalles.

Von welchem Metalle die Stange AD, BE, FK (Fig. S. 985) darauf kommt wenig an, weil die Ausdehnung nach der Länge deſſelben, alſo nach der Länge des Pendels, von nur ſehr geringem und wenn die verticalen Stangen durch ſie hindurch gehen, ohne allen Einfluß wird, ihre Längenausdehnung aber ſtets ohne Einfluß auf das Pendel iſt, da dieſelbe für dieſes eine horizontale Ausdehnung iſt.

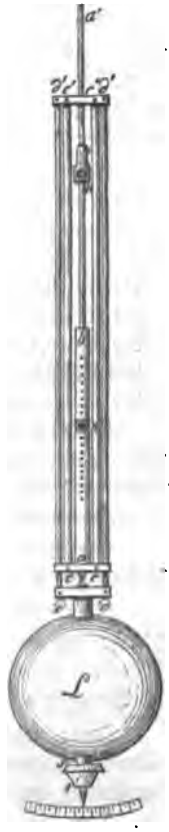
Statt des Zinkes zu Compenſationspendeln hat Benzenberg vorgeſchlagen ſich des Bleies zu bedienen; doch ſcheint das Zink zu dieſem Zwecke vortheilhafter, weil es härter, leichter und von ſtärkerer Ausdehnung durch die Wärme, als das Blei iſt. Die von John Smeaton ſinnreich erdachte Zinkcompenſation beſteht in Folgendem. Die aus maſſivem Glaſe verfertigte Pendelſtange erhält unten eine Stahlſchraube und eine aufgeſchraubte Nuß, auf der ein auf die Glasſtange geſchobener Hohlcylinder von Zink, ungefähr 1 Fuß lang und $^1/_8$ Zoll ſtark, aufruht, über welchen dann von oben herab eine hohle Röhre von Eiſenblech geſtürzt wird, deren oberer Rand ſo ſtark einwärts gebogen iſt, daß ſie auf dem Cylinder ruht. Der untere auswärts gebogene Rand trägt einen hohlen, etwas mehr als 1 Fuß langen Bleicylinder. Wegen Regulirung der Compenſation erhält der Cylinder von Zink unten einen Boden mit einem Loch, in das ein Cylinder von Zink geſchraubt wird, um dieſen hinab- oder hinaufwärts zu ſchrauben, damit man dadurch die Compenſation des Zinks vergrößern oder verkleinern kann. Zur bequemſten und ſicherſten Berechnung des Verhältniſſes der einzelnen Theile dienet die Formel

$$x = \frac{aL + a'(l + \lambda + \lambda') - a''b}{a'''}$$

o x die geſuchte erforderliche Länge der Zinkröhre, a die lineare Ausdehnung des
laſes, L die Länge der Glasſtange, a' die lineare Ausdehnung der, alle als gleich
genommenen, eiſernen und ſtählernen Theile, l die Länge der Blechröhre, λ
d λ' die Längen der Feder und der eiſernen Schraube bis an die aufgeſchraubte
utter, ferner a'' die lineare Ausdehnung des Bleis, b die halbe Länge des bei
ſer Einrichtung nur mit ſeiner halben Länge compenſirenden Bleicylinders, und
tlich a''' die lineare Ausdehnung des Zinks bezeichnet, ſo daß man hierbei die
ößen L, λ, λ', l und b als gegeben betrachtet. — Nach dieſem gefundenen
erth von x nun kann die Compenſation vorläufig eingerichtet werden, die ſich
n durch die Stahlſchraube an der Pendelſtange, ſowie durch den eingeſchraubten
ikcylinder, reguliren läßt.

Die Conſtruction des Roſtpendels kann man-
bfach abgeändert werden. Eine ſehr paſſende
richtung deſſelben giebt Herapath an; nach
rners Beſchreibung iſt das Pendel, wie ge-
bnlich, an einem Stück einer Uhrfeder A (Fig. I.),
i 3 engl. Zoll Länge, aufgehangen und an dieſer
eiſerne Pendelſtange B, 27,92 Zoll lang, befe-
ſt. Auf einer Scheibe an ihrem unteren Ende
et die Röhre von Zink C, gleichfalls 27,92 Z.
g, an deren oberes Ende eine Schraube zur
gulirung der Compenſation geſchnitten iſt. Ueber
ſen hohlen Cylinder von Zink wird die äußerſte
rne Röhre D geſchoben, welche unten bei E' in
) eiſerne Stück geſchraubt iſt, an deſſen Stange
Linſe bei G in ihrem Mittelpunkte feſtſitzt, und
Schraube am Ende einer Röhre F dient dazu,
Linſe höher zu ſchrauben; oben bei E aber wird
eiſerne Stange D durch eine Mutterſchraube
)alten, welche ſich auf der männlichen Schraube
: Zinkſtange zur Regulirung der Compenſation
f- und niederſchrauben läßt. Dieſe Art von Compenſations-
ndel gehört unſtreitig unter die vorzüglicheren, denn ſie iſt,
die Mittel zur Regulirung gegeben ſind, leicht, und inſofern
m die Ausdehnung des Eiſens und Zinks hinlänglich genau
mt, auch genügend ſicher. Es bezeichne nämlich L + x die
nge der Eiſenſtange, x die Länge der Zinkröhre, ſo hat man
r Beſtimmung von x die Gleichung: $x = \frac{aL}{a' - a}$, wo a
e lineare Ausdehnung des Eiſens, a' die des Zinks bedeutet.

I. II.



Nicht unterlaſſen können wir hier die Beſchreibung eines
rzüglichen Compenſationspendels*), welches, vom Uhrmacher
ürgenſen in Kopenhagen verfertigt, insbeſondere dadurch ausgezeichnet iſt, daß
) ſich mit Leichtigkeit ſehr genau reguliren läßt. Fig. II. zeigt das Pendel. a'a iſt

*) Im Auszuge nach dem Werke: „Allgemeine Grundſätze der genauen Zeitmeſſung
urch Uhren" von L. U. Jürgenſen. Ueberſetzung. Leipzig 1840.

der mittlere Eiſenſtab, in a' an der Feder befeſtigt, der ohne große Reibung durch das meſſingene Querſtück d'd' hindurchgeht, aber nicht ganz bis zum Punkt a reicht, ſondern bei b von einem Meſſingrohre ba aufgenommen und von dem Nagel n gehalten wird, ſo daß der Eiſenſtab vermittelſt dieſes Meſſingrohres das Querſtück cc trägt. Von c und c aus aufwärts gehn die (zur Vermeidung der Biegung dickeren) Zinkſtangen, auf welchen in c' und c' das Querſtück d'd' ruht, an dem in d' und d' die beiden äußeren Eiſenſtangen befeſtigt ſind, welche das Querſtück cc mit wenig Reibung durchdringend in d und d das untere Querſtück und vermittelſt deſſelben die Linſe L tragen. Letztere ſtützt ſich mit ihrem unteren Rande auf die am Riegel rr' befindliche Schraube s. An der mittleren Eiſenſtange a'a befindet ſich ein kleines Laufgewicht p, welches jedoch nicht zur Compenſation, ſondern dazu dient, die Uhr näher nach mittlerer oder Sternzeit reguliren zu können, als mittelſt der Schraube.

Die Leichtigkeit der Regulirung bei dieſer Einrichtung des Pendels beſteht nun darin, daß man den mittleren Eiſenſtab beliebig verlängern und verkürzen kann, indem zu dieſem Behufe das Meſſingrohr ab mit einer Reihe von Löchern verſehen iſt und man daher den Nagel nur in ein tiefer oder höher liegendes Loch zu ſtecken braucht.

Jürgenſen giebt folgende Dimenſionen eines ſolchen Pendels an:

die Linſe 7 Zoll Durchmeſſer, wovon bis zum Schwingungsmittelpunkte von der Schraube an gerechnet an der Compenſation ſehr nahe Theil haben	5 Zoll 3 Lin.
die Zinkſtäbe, jeder	24 " — "
die Eiſenſtäbe d'd	24 " 9 "
der Mittelſtab mit der Aufhängungsfeder	35 " — "
das Meſſingrohr	12 " — "
der Riegel durch die Linſe	7 " 6 "

Da aber der mittlere Eiſenſtab ungefähr in der Mitte des Meſſingrohrs, alſo 6 Zoll vom Querſtück cc entfernt, befeſtigt iſt, ſo werden von den Längen, welcher der Berechnung der Compenſation zur Baſis dienen, nur 29 Zoll für den Mittelſtab und 6 Zoll für das Meſſingrohr (zuſammen 35 Zoll) anzunehmen ſein.

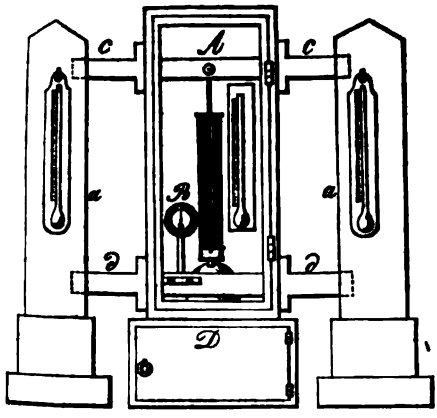
Die Stärke der Eiſenſtangen kann im Durchmeſſer etwa 3 Linien, die der Zinkſtangen 5 bis $5^1/_2$ Linien betragen.

Nach dieſen Dimenſionen würde, wenn die Löcher auf dem Meſſingrohre die Diſtanz von nur 0,1 Zoll von einander hätten, die Fortrückung des Nagels in das Nebenloch auf den Gang der Uhr einen Einfluß von nur 0,04 Secunden in 24 Stunden bei 40° Temperaturdifferenz hervorbringen.

Zwar giebt die Rechnung die zu einer genauen Compenſation nöthigen Verhältniſſe beſtimmt an, allein ſie iſt doch nicht ganz ſicher, und es muß ein nach der Berechnung conſtruirtes Pendel noch einer ſorgfältigen Prüfung unterworfen werden. Dies geſchieht vermittelſt eines Pyrometers, welches, zu dieſem Zwecke eigens eingerichtet, hier noch kurz beſchrieben werden mag.

Die nachfolgende Fig. I. S. 989 ſtellt das Pyrometer dar; aa ſind zwei hölzerne Stützen, die von den Holzfüßen bb getragen werden; cc und dd ſind zwei eiſerne Riegel, welche den hölzernen Pyrometerkaſten durchdringen, und von denen der obere in A das Pendel trägt. An dem unteren Riegel befindet ſich die

I.



blatt B, deſſen Zeiger durch Hebel mit dem Schwingungspunkte in der Linſe des Pendels in Verbindung geſetzt wird, indem man im Schwingungspunkte einen Stift anbringt, welcher auf den Hebelarm wirkt. Hierbei iſt klar, daß die Mittelpunkte der Eiſenriegel möglichſt genau ſo weit von einander abſtehen müſſen, als das Pendel vom Aufhängungs- bis Schwingungspunkte lang iſt. Der untere Kaſten D iſt mit Eiſenblech ausgeſchlagen, und dient zur Erwärmung des Pyrometers, indem die zwiſchen A und D befindliche Wand mit Löchern verſehen iſt, durch welche die in D rmittelſt heißer Kugeln erwärmte Luft hindurch dringt. Beim Gebrauche muß an mit der Beobachtung immer einige Zeit warten, bis man verſichert ſein kann, ß die Wärme im Behälter A ſich gleichmäßig verbreitet hat. An den 4 Oeffnun-n, in welchen die Riegel cc und dd den Behälter A durchdringen, iſt es zweck-äßig, zur Abhaltung aller äußeren Luft Holzplatten anzubringen, die genau an e Riegel anſchließen und nach innen zu mit Tuch beſchlagen ſind.

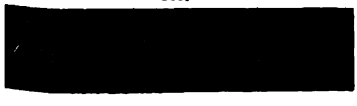
Soll nun die Compenſation des Pendels richtig ſein, ſo muß für alle ver-ſchiedenen Temperaturen, welche das Thermometer in A zeigt, der Zeiger des Zif-rblattes B dieſelbe Stellung beibehalten; wendet er ſich aber, ſo iſt dies ein Zei-en, daß die Länge des Pendels vom Aufhängungs- bis zum Schwingungspunkte ſich ndert, und man muß die Compenſation durch Verrückung des Nagels im Meſſing-ohre corrigiren.

Weſentlich von den vorerwähnten Compenſationsarten verſchieden iſt die ſehr nreiche und ungemein einfache, jedoch leicht dieſelbe Genauigkeit gewährende ompenſation, welche Biot beſchreibt. Man denke ſich zwei ſchmale Metallplat-B, CD, Fig. II. von gleicher Länge, eine aus Eiſen, die andere aus Kupfer,

II.

übereinandergelegt und unwandelbar anein-ander mittelſt einer großen Menge kleiner Schrauben befeſtigt, die durch beide Platten in ebenſo viel Punkten ihrer Länge hindurch gehen. Wurde dies bei einer Temperatur B. von zehn Grad vorgenommen, und war die Verbindung beider Platten bei rſelben geradlinig, ſo wird bei Veränderung der Temperatur dieſe geradlinige Rich-ng aufhören müſſen. Steigt die Temperatur, ſo werden ſich beide Platten aus-hnen und zwar auf ungleiche Weiſe, die Kupferplatte mehr als die Eiſenplatte; o dann das Syſtem der vereinigten Platten die krumme Geſtalt, welche Fig. III. darſtellt, annehmen wird, ſo daß die Eiſen-platte an der concaven, die Kupferplatte an der convexen Seite liegt, um ſolchergeſtalt durch Zunahme ihres Umfangs das Zuviel

III.



ihrer Ausdehnung auszugleichen. Das Gegent
peratur unter die Grenze von 10 Grad, von
Die verbundenen Stücke werden ſich auch wiede
ſetzter Richtung, ſo daß das in ſtärkerem Grad
der Innenſeite der Concavität, das Eiſen nach A

I.

(Fig. I.
die Co
(Fig. II.
O ihrer
paare,
gen, an
ſind, w
daß ſie
zurückſ
ihr ent
ſolcher
ſetzten
ſetzt.
einer g
geradli
rung d
dabei
herabr

II.

wird die Stange SL ſich verlängern, und der
herabtreten; zugleich aber werden ſich die beid
im Fall die Eiſenplatten zu oberſt liegen, ſo,
gerückt werden (Fig. III.), was eine Gegenwir
die Ausdehnung der Pendelſtange auf den A
gen die Temperatur unter den Grad, den wi

III.

annehmen, ſo wird die Pendelſtange SL ſich
den Punkt O dadurch weiter herauf rücken
Fig. IV. zeigt, krümmen, ſo werden dadur
punkt erhalten, und beide Erfolge einander

Man kann auch das ganze Pendel aus Glas verfertigen, welches beſonders Kater empfiehlt. An das obere Ende der gläſernen Pendelſtange wird dann mittelſt Schrauben eine meſſingene Faſſung und an dieſe die tragende Uhrfeder mit Stiften befeſtigt. Um die Höhe 2 x des Queckſilber-Cylinders zu berechnen, ſo ſei L die Länge der Glasſtange und Uhrfeder bis zum Mittelpunkte der Schwingungen, ferner a die lineare und K die cubiſche Ausdehnung des Glaſes, a' endlich die Ausdehnung des Volumens des Queckſilbers; ſo iſt

$$2x = \frac{2aL}{a'(1 - K) - a}.$$

Der jetzt lebende berühmte Uhrmacher Dent in London tadelt mit Recht die Glasgefäße der Queckſilberpendel, da ſie zerbrechlich ſind und folglich ſich nicht wohl mit Queckſilber gefüllt an einen andern Ort bringen laſſen. Dent nimmt dafür gußeiſerne, im Innern vollkommen cylinderförmig hergeſtellte Gefäße, in denen das Queckſilber ausgekocht und alsdann verſchloſſen ohne alle Gefahr verſendet werden kann. Dent ſteckt überdieß die Pendelſtange durch den verſchließenden Deckel tief in das Queckſilber hinab, wodurch die Stange und das Queckſilber ſtets einerlei Temperatur annehmen. Freilich muß man ſehr darauf ſehen, daß das Queckſilber gegen Feuchtigkeit geſchützt ſei, weil ſonſt das Eiſen wegen des galvaniſchen Einfluſſes leicht roſten würde.

Um die Wirkung der Ausdehnung der Compenſation zu vergrößern, hat man Compenſationspendel mit Hebelwerk angewandt. Die von Ellicot angegebene Conſtruction beſchreibt Horner, wie folgt. abcdef iſt ein breiter, nicht allzu dicker Streif aus Eiſen oder Stahl; unten in der Oeffnung der Linſe iſt er noch etwas breiter, ſo daß auf dieſer Fläche die Mittelpunkte der Hebel o und p befeſtigt werden können. Dieſe Hebel gehen dann gegen die Mitte zuſammen, und es drückt das untere Ende der ſteifen Meſſingſtange ABC, welche auf dem Eiſenſtabe durch Schraubenköpfe ſo angehalten wird, daß ſie zwar der Länge nach ſich bewegen, aber nicht ausbiegen kann. Dieſe Linſe ſelbſt ruht auf dem längern Arme jener beiden Hebel vermittelſt der Köpfe r und s, welche durch die Drehung der eingetheilten, in die meſſingene Linſe eingepaßten Scheiben m und n den Mittelpunkte der Hebel genähert oder von demſelben entfernt werden können, ſo daß man die Compenſation nach Belieben reguliren kann. An den Köpfen r und s iſt ein feiner Schraubengang angedreht, der ſich ebenfalls auf den Hebeln o und p eingeſchnitten findet. Sowie ſich nun die Meſſingſtange ABC mehr ausdehnt, als der eiſerne Pendelſtab abcde, ſo wird ſie durch den Druck auf die Hebel o und p die Linſe in gehörigem Maße heben und ſo die Compenſirung bewirken. Um die Mittelpunkte der Hebel von allzu ſchwerem Drucke zu befreien, iſt unten bei f die Feder gg aufgeſchraubt,

welche den größten Theil der Linſe trägt. Die Regulirung des mittlern Ganges muß entweder durch ein Laufgewicht längs der Pendelſtange, oder oberhalb durch Verſetzung der Klammer, welche die Feder, an der das Pendel hängt, umſchließt und ſeinen obern Endpunkt beſtimmt, bewirkt werden.

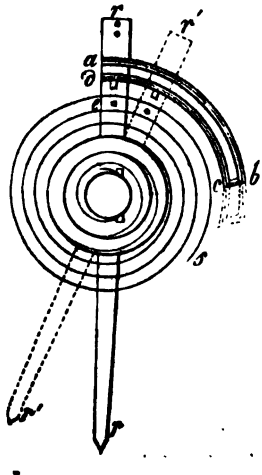
Bei einer andern Conſtruction iſt das Hebelwerk außerhalb der Linſe angebracht; ſie iſt aber ſchon darum weniger zu empfehlen, weil ſie ein breites Gehäuſe erfordert, und die Meſſingſtangen ſchwerer vor dem Einbiegen geſchützt werden können.

I.

Man kann eine Compenſation bei Pendeln auch dadurch bewirken, daß man eine Vorrichtung anbringt, vermöge welcher der Biegungspunkt der dünnen Stahlfeder, an der das Pendel aufgehängt iſt, nach Maßgabe der Temperaturveränderung verrückt wird. Gewöhnlich wird das Stück D (Figur I.), welches die Stahlfeder einklemmt, am hinteren Boden des Uhrwerks befeſtigt; will man aber mit demſelben eine Correctur bewirken, ſo wird eine Metallſtange DE bei E in die Wand befeſtigt und bei D mit einem um F beweglichen Hebel in Verbindung geſetzt, der mit ſeinem andern Ende C die Feder einklemmt; ſowie ſich nun die Metallſtange ausdehnt, wird nach dieſer Einrichtung der Punkt C verſchoben. Da aber bei dieſer Vorrichtung die Veränderung der Wand, in welcher die Stange eingeſchlagen iſt, von Einfluß iſt, dieſe aber auf keine Weiſe zu berechnen iſt, ſo kann man auf dieſe Art eine genaue Compenſation überhaupt nicht erlangen.

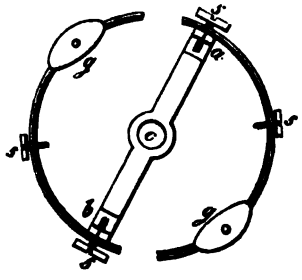
Was endlich die Compenſation an der ſogenannten Unruhe (welche die Stelle des Pendels vertritt) in den Federuhren (Chronometern) betrifft, ſo zerfällt dieſelbe in 2 Arten, nämlich in die einfache Compenſation an der Spiralfeder und in die Compenſation an der Unruhe ſelbſt. 1) Die Compenſation an der Spiralfeder beruht auf folgender Einrichtung. In Fig. II. iſt die Spiralfeder einer Uhr dargeſtellt, und das ſogenannte Rackett, welches dazu dient, den Gang der Uhr zu verzögern oder zu beſchleunigen, indem auf demſelben bei d und e Stifte angebracht ſind, die den Schwingungen der Spirale keinen ganz freien Spielraum geſtatten und dadurch den anfänglichen Theil der Spirale (nämlich vom Befeſtigungspunkte s an bis zu den Stiften) zum Theil in Unthätigkeit verſetzen. Dreht man aber das Rackett nach s zu, ſo daß es etwa die Lage r'r' hat, ſo wird dadurch der thätige Theil der Spirale verlängert, und ſomit werden die Schwingungen langſamer; das Umgekehrte findet bei der entgegengeſetzten Drehung ſtatt. Da nun ſowohl die Spiralfeder als die Unruhe ſelbſt durch Wärme ausgedehnt, und folglich ihre Schwingungen verzögert werden, ſo müßte man, um den Gang der Uhr richtig zu erhalten, bei jedem Temperaturwechſel am Rackett drehn. Dieſem Uebelſtande begegnet man

II.



nun ganz einfach dadurch, daß man den Stift d nicht auf dem Rackett befeſtigt, ſondern an dem Metallſtreifen dcba, welcher in a am Rackett feſt, bei d aber frei iſt. Dieſer Metallſtreifen iſt (wie bei der oben nach Biot beſchriebenen Compenſation) innen gewöhnlich von Meſſing, nach außen von Stahl, ſo daß durch den Einfluß der Wärme, weil Meſſing ſich ſtärker als Stahl ausdehnt, der metallene Bügel ſich öffnet und ſeinen Stift d dem Stifte e näher bringt. Dadurch wird nothwendig der Spielraum der Spirale zwiſchen d und e verkleinert, und ihre Schwingungen, die durch Wärme verzögert wurden, müſſen wieder ſchneller werden, da ſie nicht mehr ſo groß ſein können. Bei der Kälte hat man natürlich die entgegengeſetzten Wirkungen.

Dieſe Art Compenſation iſt nun zwar ſehr bequem herzuſtellen, gewährt jedoch nicht die Genauigkeit, die bei vorzüglichen Chronometern erforderlich iſt, für welche man die Compenſation an der Unruhe ſelbſt vorzieht. Nebenſtehende Figur zeigt eine Unruhe mit Compenſation, wie ſie am gebräuchlichſten eingerichtet iſt. aa' und bb' ſind metallene Doppelringe, innen gewöhnlich von Stahl, außen von Meſſing. Dieſe Ringe ſind nur an einem Ende (a und b) an den Unruharmen (ca und cb) befeſtigt, und tragen kleine Gewichte g und g, von ſpecifiſch [illegible] Metalle, die ſich an den Ringen verſchieben laſſen. Wirkt nun die Wärme ausdehnend auf die Unruhe (und ihre Spirale), ſo müſſen [illegible] wendig die Ringe einwärts biegen, weil das ſtärker dehnende Metall den äußerlichen [illegible] det. Dadurch werden aber die Gewichte gg dem Centrum c näher gebracht, hin auch der Schwingungspunkt, ſo daß die Schwingungen an Schnelligkeit das gewinnen, was durch Ausdehnung der Unruharme und der Spirale verloren ging. Die 4 Schrauben s dienen zur Regulirung der Oscillationsdigkeit, während ein Fehler in der Compenſation durch Verſchiebung der Gewichte g corrigirt wird, indem man dieſelben den feſten Enden a und b [illegible] Compenſation zu ſtark iſt, und ſo umgekehrt.



Die Conſtruction einer ſolchen Unruhe erfordert natürlich die [illegible] falt, allein es entſpricht auch die Unruhe alsdann ihrer Beſtimmung [illegible] als möglich.

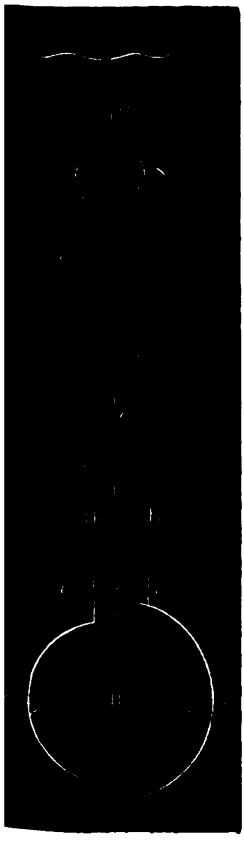
Compenſation der Ausdehnung durch die Wärme wird nicht [illegible] wo es auf Zeitmeſſung ankommt, ſondern überall, wo die Wärme [illegible] Einfluß haben kann, namentlich bei allen Arten von Maßſtäben, [illegible] in den verſchiedenſten Fällen bedient. Meiſt ſucht man dieſer [illegible] Wahl eines Materials zuvorzukommen, welches ſo wenig als mö[illegible] änderung durch die Wärme erleidet, oder man bringt, wo es [illegible] ankommt, den Einfluß der Wärme in Rechnung. Die Mittel, [illegible] einzelnen Fällen anwendet, den Einfluß der Wärme unſchädlich [illegible] zu machen, werden bei den einzelnen Fällen, wo es darauf ankom[illegible] betreffenden Artikeln erwähnt.

Compenſationspendel, ſ. Compenſation und Pendel.

Compreſſibilität, ſ. Zuſammendrückbarkeit.

Compreſſionsmaſchinen (v. d. lat. comprimere, zuſammendrücken) oder Condenſationsmaſchinen (v. d. lat. condensare, verdichten), auch Compreſſionspumpe, Condenſationspumpe (lat. machina condensatoria; franz. machine de compression, de condensation; engl. condensing engine) bezeichnet eigentlich jede Maſchine, welche dazu dient, einen Körper zuſammenzudrücken und dadurch zu verdichten. Gewöhnlich aber verſteht man darunter den Luftpumpen ähnliche, aber im entgegengeſetzten Sinne wirkende, d. h. die Luft verdichtende Inſtrumente. Sie ſind beſonders wichtig geworden, ſeit man entdeckt hat, daß gasförmige Flüſſigkeiten durch Zuſammendrückung in tropfbar flüſſige verwandelt werden können. So hat man durch Zuſammendrückung viele, vorher nur in Gasform bekannte, Körper als tropfbare Flüſſigkeiten dargeſtellt. Auch die tropfbar flüſſigen Körper erleiden gewiſſe Veränderungen, wenn ſie einem ſtarken Drucke ausgeſetzt werden.

Man kann im Allgemeinen jede Hahnluftpumpe zur Zuſammendrückung der Luft benutzen, würde aber bei ſtarken Zuſammendrückungen der Luftpumpe ſelbſt nicht Schaden thun. Die Compreſſionsmaſchinen haben aber alle eine der Luftpumpe ähnliche Vorrichtung, nur daß der Kolben Luft in einen Behälter hineinſtößt, wo er bei der Luftpumpe Luft herauszieht. Die



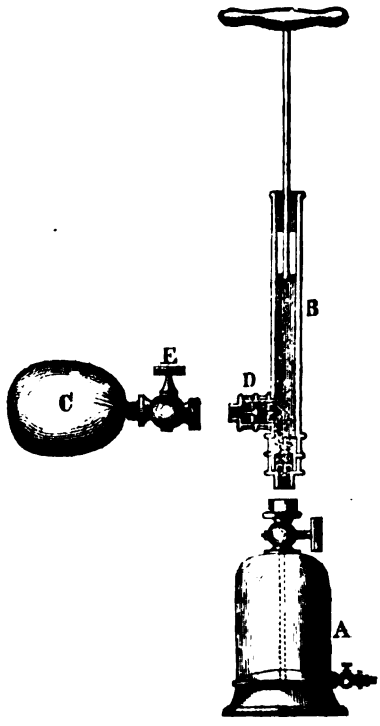
zuſammengedrückte Luft iſt das bei der Windbüchſe wirkende Princip, daher jede Windbüchſe mit einer Compreſſionsmaſchine verſehen ſein muß. Nebenſtehende Figur ſtellt eine ſolche Compreſſionsmaſchine vor. Die Beſtandtheile derſelben ſind 1) der Behälter B, gewöhnlich eine Kugel, in welcher die Luft zuſammengedrückt werden ſoll, und der daher hinlängliche Feſtigkeit haben muß. Man arbeitet ihn aus Eiſen oder getriebenem Kupfer urſprünglich aus zwei Stücken, die bei e, e zuſammengeſchroben und dann hart gelöthet ſind. Man giebt dem Kupfer eine Dicke von etwa 0,5 Zoll Par. Lin., bei e und e aber von etwa 1 Z. Dieſe Kugel hat ein Mundſtück bei M, welches mit einer männlichen Schraube verſehen iſt. Die Oeffnung iſt mit einem Kegelventil v geſchloſſen, welches durch eine Feder in die entſprechend kegelförmig gemachte Oeffnung gedrückt wird. Enthält der Behälter B erſt verdichtete Luft, ſo drückt dieſe ſelbſt das Ventil v feſt in die Mündung. Das Ventil muß übrigens genau eingeſchliffen ſein, wird wohl auch noch mit einer feinen Lederkappe überzogen, damit es ja nichts von der in B befindlichen Luft heraus läßt. 2) Der Stiefel SL, gleichfalls von Eiſen, hat an ſeinem untern Ende eine weibliche Schraube, in welche die männliche Schraube des Behälters gedreht wird; die Schraube muß von bedeutender Stärke ſein und genau ſchließen. Im Stiefel bewegt ſich der Kolben, und wenn dieſer in die Höhe gezogen iſt, ſo muß er gerade über die Oeffnung o im

Stiefel zu stehen kommen. 3) Der Kolben K besteht aus einzelnen Scheiben Sohlleder, welche zwischen zwei eisernen Scheiben festgeschroben und so abgedreht sind, daß sie ganz genau in die Röhre des Stiefels passen. Man pflegt die ledernen Scheiben erst mit warmen Wasser zu durchnässen, und dann mit Pomade aus Oel und Wachs zu tränken, damit der Kolben desto genauer in den Stiefel paßt und keine Luft zwischen ihm und den Seitenwänden des Stiefels durchdringen kann. Der Kolben sitzt auf der eisernen Stange aa, welche oben mit einer Handhabe versehen ist. Das Verfahren ist nun folgendes. Man zieht den Kolben in die Höhe und stößt ihn sodann herab, dadurch wird die im Stiefel befindliche Luft zu der Luft in der Kugel gepreßt. Durch den Druck von oben hat nämlich das Ventil v nachgegeben und die Luft aus dem Stiefel in den Behälter B gelassen. Zieht man nun den Kolben wieder nach oben, so wird das Ventil v durch die verdichtete Luft so fest in die Mündung der Kugel gedrückt, daß keine Luft aus der Kugel entweichen kann. Durch das Zurückziehen des Kolbens würde aber im Stiefel ein luftleerer Raum entstehen, wenn nicht sogleich durch die Oeffnung o wieder Luft in den Stiefel träte. Die Luft im Stiefel wird durch ein zweites Herabstoßen des Kolbens wieder in den Behälter B gestoßen und dadurch die Luft in diesem wieder verdichtet, und dies geschieht so oft, als man den Kolben herabstößt. Noch ist zu bemerken, daß die Verdichtung desto weiter getrieben werden kann, je enger man die Pumpe macht, daher giebt man ihr nur eine Weite von etwa 0,5 Zoll. Die Dichte der im Behälter befindlichen Luft läßt sich sehr leicht berechnen. Ist der Inhalt des Behälters $B = b$, der Inhalt des Stiefels von dem Ventil v bis $o = b'$, so enthält nach dem ersten Stoße das Gefäß $b + b'$ Masse Luft von der gewöhnlichen Dichte; beim zweiten Stoße, wodurch noch ein b' hinzukommt, $b + 2b'$; nach dem dritten $b + 3b'$ u. s. f., im Allgemeinen nach dem n^{ten} Stoße $b + nb'$. die Dichte (d) ist also diesem Gehalte an Luft dividirt durch den cubischen Inhalt des Behälters gleich, d. h. $d = \frac{b + nb'}{b}$. Bei der Windbüchse wird die Luft meist im hohlen Flintenkolben condensirt; dieser tritt dann an die Stelle des B und ist wie diese mit einem nur nach Innen sich öffnenden Ventil [illegible] Nachdem er mittelst der Compressionsmaschine geladen, wird dieser [illegible] schraubt und dafür der Lauf angeschraubt.

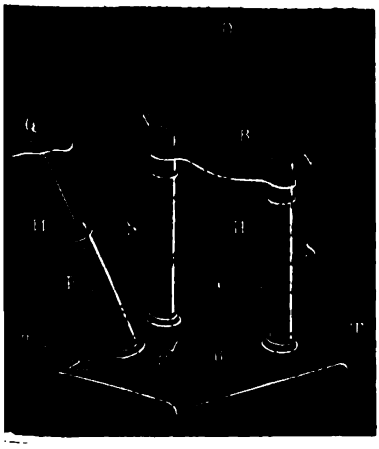
Man kann auch die Oeffnung (o) im Stiefel weglassen, und [illegible] durchbohren und die Oeffnung im Kolben dann unten mit einem [illegible] welches sich nur nach unten öffnet. Geht dann der Kolben abwärts, [illegible] das Kolbenventil durch den Druck gegen die Luft und der Kolben [illegible] den Recipienten durch dessen sich öffnendes Ventil; geht hierauf [illegible] wärts, so öffnet sich sein Ventil, während das des Recipienten [illegible] und durch die Oeffnung im Kolben dringt sogleich Luft unter [illegible] Stiefel. Hier also entsteht nicht wie bei der zuvor beschriebenen [illegible] maschine im Stiefel ein luftverdünnter Raum, welcher sich erst [illegible] der gewöhnlichen Dichtigkeit füllt, wenn der Kolben über die Oe[illegible] ist. Mit einem durchbohrten Kolben wird sich daher etwas leichter [illegible] als mit einem ganz massiven, bei welchem man beim Hinaufziehen [illegible] Atmosphärendruckes zu überwinden hat.

Die umstehende Zeichnung S. 997 stellt eine andere Art von Compressionsmaschine mit massivem Kolben dar. Das Kegelventil ist hier nicht im Kolben

I.



II.



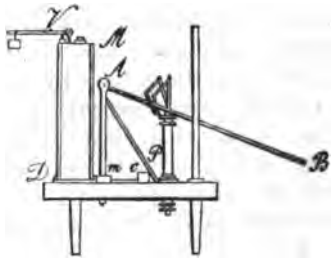
A, sondern im Stiefel B angebracht *), Daher kann das Gefäß A mit einem Hahne verschlossen werden, nachdem man die Luft in ihm gehörig comprimirt hat. Der vorher aufgeschraubte Stiefel wird dann abgeschraubt. Es ist dies Gefäß ein Heronsball (s. d. Art.), in welchem man die Luft über Wasser comprimirt. Um das Wasser unten ausströmen zu lassen, ist es nach seitwärts unten mit einem zweiten Hahne versehen. Das Ansatzstück D an dem Stiefel enthält ein Kegelventil, welches sich nur nach Innen, nach dem Stiefel zu öffnet. Durch dieses Ventil dringt die Luft von Außen in das Innere des Stiefels, sobald der Kolben in die Höhe gezogen wird, es schließt sich aber durch den Luftdruck von Innen, sobald der Kolben niedergeht. Will man statt der Luft ein Gas in dem Gefäße A comprimiren, so bringt man das Gas in die Blase C, welche an das mit einem Hahne versehene Mundstück E gebunden ist und schraubt das Mundstück auf das Ansatzstück D. Dann tritt statt der Luft Gas in den Stiefel und wird durch den Kolben in den Recipienten A getrieben.

Die bisher beschriebenen Vorrichtungen haben den Nachtheil, daß man nicht gut Körper, auf die man die Wirkung der zusammengepreßten Luft beobachten will, in den Behälter bringen, noch weniger ihr Verhalten in ihm beobachten kann. Ein Apparat von Haas und Hurter empfiehlt sich sehr zu diesem Zwecke, doch wird er einen so starken Druck, wie der vorhergehende, nicht auszuhalten im Stande sein. (Fig. II.). Zwischen den beiden Säulen S und S, auf dem Tischchen TT befindet sich ein ganz eben geschliffener metallener Teller, und auf diesem steht die Glasglocke G, welche oben und unten genau eben geschliffen sein muß, damit sie sowohl an den Metallteller, als

*) Dies Ventil wird nach der Zeichnung durch eine Feder nach oben gedrückt, so daß es sich auch dann schon schließt, wenn es durch die unter ihm verdichtete Luft noch nicht angedrückt wird.

auch an ein auf ihre obere Oeffnung gelegtes Metallſtück luftdicht ſchließt; zu dem Endzweck pflegt man ihre Ränder mit etwas Pomade zu beſtreichen. Durch das Metallſtück, welches die obere Oeffnung der Glasglocke ſchließt, geht ein Draht DH in einer Lederbüchſe luftdicht beweglich hindurch. Auf dem Metallſtücke ruht nun der (zu Durchlaſſung des Drahtes durchbohrte) Querbalken B, der bei NN Oeffnungen hat, durch welche die ſchraubenförmig abgedrehten Enden der Säulen S, S gehen. Durch Schraubenmuttern bei N, N wird nun der Querbalken B ſtark angezogen und ſo die Glasglocke luftdicht feſtgedrückt. Der Draht DH iſt dazu beſtimmt, an ſein unteres hakenförmig umgebogenes Ende beliebige Gegenſtände, die man dem verſtärkten Drucke der Luft ausſetzen will, zu befeſtigen. Aus der Mitte des Metalltellers führt nach der Pumpe P ein Kanal; die Pumpe iſt mit einem Blaſenventile verſehen, und übrigens iſt die Beſchaffenheit des Kolbens und die Beſtimmung der kleinen Oeffnung bei o dieſelbe, wie die bei der vorher beſchriebenen Compreſſionsmaſchine. Mit dem Kanale von dem Teller nach der Pumpe ſteht das meſſingene Stück V in Verbindung, in welches eine ſtarke Glasröhre VQ eingekittet iſt. Dieſe Glasröhre liegt auf einer auf Elfenbein verzeichneten Scale, und enthält eine bis zum Nullpunkte der Scale reichende Queckſilberſäule. Je dichter nun die Luft unter der Glocke wird, deſto mehr drückt dieſe gegen das Queckſilber in die Röhre, und aus dem verringerten Raume, den die Luft in der Röhre einnimmt, ſchließt man nach dem Mariotte'ſchen Geſetze auf den Grad der Verdichtung. Dieſe letzte Vorrichtung heißt daher der Compreſſionsmeſſer. Will man die durch Gebrauch der Pumpe verdichtete Luft aus der Glocke entlaſſen, ſo öffnet man die Schraube Z, welche eine mit dem Kanal in Verbindung ſtehende Oeffnung verſchließt. Will man ſich gegen mögliches Zerſpringen der Glasglocke ſicher ſtellen, ſo kann man dieſelbe mit einem Metallnetz umgeben. Das Blaſenventil, die Art des Verſchluſſes des Recipienten G ſind von der Art, daß ſehr ſtarke Compreſſionen bei dieſem Apparat nicht möglich ſind.

Noch bequemer für manche Zwecke iſt die von Embcke *) beſchriebene Maſchine Repſold's, namentlich wo es darauf ankommt, tropfbare Flüſſigkeiten zuſammenzudrücken. DM iſt ein Dom von getriebenem Kupfer, für welchen man einen gläſernen Cylinder nehmen kann, wenn es darauf ankommt, daß die in ſeinem Innern durch die Compreſſion vorgehende Veränderung geſehen werde. Dieſer Cylinder iſt auf eine Metallplatte bei D luftdicht aufgeſchroben. Bei V hat er ein Ventil, welches mit einem Arme verſehen iſt, an dem ein Gewicht nach Eintheilungen geſtellt werden kann, ſo daß man damit den Druck nach Atmoſphären ſteigern kann; denn überſteigt der Druck denjenigen Grad, auf welchen das Ventil geſtellt iſt, ſo wird dieſes ſich öffnen.



Unter den Cylinder werden die Gegenſtände geſetzt, auf welche man den Druck der expanſiblen oder tropfbaren Flüſſigkeiten wirken laſſen will. Die Pumpe P, ſowie die ganze übrige Maſchine iſt ähnlich der vorerwähnte eingerichtet, nur befindet ſich noch bei m ein Hahn, und bei

*) Schweigg. Journ. Bd. XXXI. S. 90.

urch ein Ventil verſchloſſene Zuleitung, durch welche man die zu verdichtende Flüſ-igkeit in den Kanal und durch dieſen unter den Cylinder bringen kann. Dafür at der Pumpenſtiefel P keine Oeffnung. Der Hebel AB dient nur, die Arbeit des umpens leichter verrichten zu können.

Ueber die Vorrichtungen, welche man erſonnen hat, um genauere Verſuche ber die Condenſation der Gaſe und über die Compreſſion des Waſſers anzuſtellen, rd in den betr. Art. geſprochen.

Compreſſionsmeſſer, ſ. Compreſſationsmaſchine.

Concavgläſer, ſ. Linſe.

Concavſpiegel, ſ. Hohlſpiegel.

Condenſation, ſ. Verdichtung.

Condenſationsmaſchine, ſ. Compreſſionsmaſchine.

Condenſator (lat., Verdichter; franz. Condensateur de l'électricité; engl. ndenser) der Elektricität heißt ein Inſtrument, welches dazu dient, ſchwache Elek-icitäten zu entdecken, welche mittelſt eines Elektroſkops (ſ. d. Art.) nicht hr entdeckt werden können. Es wurde 1783 von Volta zuerſt bekannt ge-acht. Den Namen Condenſator hat dieſes Inſtrument deswegen erhalten, weil die ihm von unmerklich elektriſchen Körpern zufließende Elektricität verdichtet d dadurch bemerkbar macht.

Zum Verſtändniß des Weſens dieſes Inſtrumentes dienen folgende vorläufige trachtungen von Biot *).

Wenn ein iſolirter und im natürlichen Zuſtande befindlicher Leiter A mit em Syſtem elektriſirter Leiter oder einer dauernden Quelle von Elektricität in rührung gebracht wird, ſo ladet er ſich mit einer beſtimmten Menge Elektricität; hert man ihm aber während deſſen einen andern im natürlichen Zuſtande befind-hen Körper B, der mit der Erde in leitender Verbindung ſteht, ſo wird die Ge-nwart deſſelben bewirken, daß er eine weit ſtärkere Ladung annimmt. Die Elek-icität nämlich, mit welcher ſich A anfänglich bedeckt hatte, wirkt bei Annäherung n B vertheilend auf deſſen verbundene Elektricitäten, treibt die gleichnamige in n Boden zurück, zieht die ungleichnamige an und hält ſie feſt; oder bindet ſie an r A zunächſt befindlichen Oberfläche von B. Aber in Folge eben dieſer An-hung wird das Gleichgewicht in dem Syſteme von Leitern, mit welchen A in rbindung ſteht, aufgehoben. Eine neue Quantität freier Flüſſigkeit (wenn man imlich die Elektricität einer Flüſſigkeit vergleicht) ſtrömt alſo nach A hin, welche ne neue Zerſetzung von Flüſſigkeit auf B zur Folge hat, und dies ſo fort, bis die f A angehäufte Flüſſigkeit ſich im Gleichgewichte zwiſchen der Abſtoßungskraft, e ſie auf ſich ſelbſt ausübt, und der Anziehungskraft, mit der die Flüſſigkeit in B zurückzuhalten ſtrebt, befindet. Alle dieſe Erſcheinungen, welche die Theorie raus beſtimmt, finden ſich durch die Erfahrung beſtätigt.

Man ertheile dem großen Conductor einer Elektriſirmaſchine eine ſchwache lektricität, nehme darauf eine Metallplatte A (ſ. Fig. I.), hänge ſie mit ihrem Haken C an einem Glasſtabe M auf, um ſie iſolirt halten zu können, und bringe ſo ihren Haken mit dem Conductor in Berührung. Die Platte nimmt hierbei eine kleine Quantität Elektricität auf, welche, nach Entfernung der Platte vom Conductor, den Hollundermarkkugeln eines iſolirten, aus zwei lei-

I.

*) Biot, Lehrbuch der Experimental-Phyſik. Von Fechner. Bd. II. S. 237.

nenen, an einem Kupferſtiel aufgehangenen Faden beſtehenden Elektroſkops einen gewiſſen Grad der Divergenz zu ertheilen vermag.

Nach dieſer Operation hat der Conductor eine ſo geringe Quantität Elektricität verloren, daß man ihn noch für faſt eben ſo ſtark als zuvor geladen halten kann; und man wiederholt jetzt die Berührung nach voriger Art, aber ſo, daß man zugleich unter der iſolirten Platte A eine andere Platte B hält, welche mit dem gemeinſchaftlichen Behälter der Elektricität (der Erde) in leitender Verbindung ſteht (ſ. Fig. II.), und zwar wird B ſo lange hingehalten, bis die Berührung der erſten Platte A mit dem Conductor wieder aufgehoben iſt. A wird nun eine weit ſtärkere Elektricität erlangt haben, als das erſtemal, wie man ſich überzeugen kann, indem man ſie abermals dem Elektroſkop darbietet. Es verſteht ſich, daß man A von dem Conductor noch unter dem Einfluſſe von B zurückziehen muß; denn zöge man B eher weg, ſo würde die in A angehäufte Elektricität ſogleich in den Conductor zurückkehren, um ſich wieder in ihr voriges Gleichgewicht zu ſetzen.

II.

Stellt man dieſen Verſuch ſo an, daß man die Platte B erſt ganz entfernt von A hält, dann allmälig immer mehr nähert, endlich ganz nahe bringt, ſo findet man, daß die Ladung von A jedes Mal ſtärker wird. Auch muß dies der Theorie nach ſo ſein; denn die gegenſeitige Anziehung der Elektricität von B und von A muß in dem Maße zunehmen, als die Entfernung zwiſchen beiden Platten abnimmt; und das Maximum der Ladung würde mithin in dem Falle ſtatthaben, wo die Entfernung zwiſchen beiden Platten vollkommen Null wäre. Da man ſie jedoch einander nicht ſo weit nähern kann, ohne einen Funken durch die ſie trennende Luftſchicht hervorzulocken, ſo bringt man zwiſchen ſie einen ganz dünnen Körper, welcher der Elektricität ſchwer den Durchgang geſtattet, an, z. B. eine Glasplatte, ein Stück Wachstaffet, oder eine dünne Fir- oder Firnißſchicht. Unter Beobachtung dieſer Vorſichtsmaßregel kann man die Entfernung beider Platten faſt bis zu einem beliebigen Grade vermindern. Die Inſtrumente, welche eine ſolche Einrichtung haben, führen den Namen Condenſatoren.

Die früheſte und einfachſte Conſtruction dieſes Inſtrumentes iſt folgende: A (ſ. Fig. III.) iſt eine marmorne runde Platte, Condenſatorplatte, auf der eine metallene iſolirte Scheibe, der Deckel oder Teller (Collector, lat., Sammler) ſteht, welcher mittelſt einer gefirnißten gläſernen Handhabe C abgehoben werden kann. Die Scheibe A kann ſtatt des Marmors (der aber rein, weiß und trocken ſein muß, indem der bunte nach Volta weniger brauchbar iſt) jeder andere Halbleiter der Elektricität genommen werden, Alabaſter, Achat, Calcedon, ſtark getrocknetes Elfenbein, Schildplatt, mit Leinöl getränktes oder beinahe bis zum Röſten im Backofen erhitztes und gefirnißtes Holz, trockenes Leder, Pergament, Papier u. ſ. w. Volta ſetzte ſolche Platten, welche die Baſis des Condenſators ausmachen, auf Unterlagen, durch die ſie mit der Erde in vollkommen leitender Verbindung ſtanden. Doch meinte Volta, daß man ſtatt der angegebenen Halbleiter der Elektricität auch vollkommen elektriſche oder iſolirende Körper gebrauchen könne, ſobald nur ein guter Leiter als Unterlage ſie mit dem Erdboden in Verbindung ſetze. Den

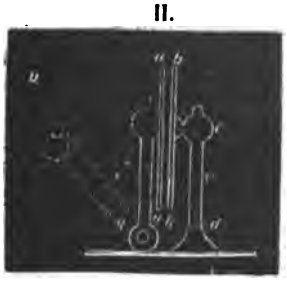
III.

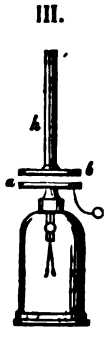
Deckel kommt es vorzüglich darauf an, daß er vollkommen abgerundet sei und gar keine Ecken und scharfen Kanten darbiete; seine untere Fläche muß ganz eben sein, damit sie genau an die Oberfläche der unteren Platte schließe.

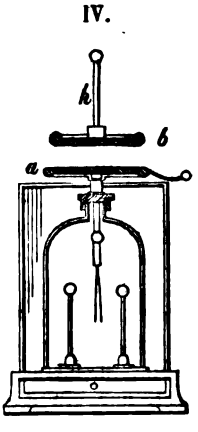
Volta belegte auch nur eine kleine Marmorplatte, die recht eben war, überall mit Stanniol, nur ihre untere Fläche ließ er frei, oder er überzog ebenso eine recht ebene Holzplatte, mit Ausnahme der unteren Fläche, mit Stanniol, diese aber mit Siegellack oder Firniß, oder mit einer dünnen Lage Taffent. Setzte er eine solche Platte mit der, nicht mit Stanniol belegten, Seite auf irgend einen ebenen, mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Körper, so hatte er einen vollkommenen Condensator.

Die jetzt gewöhnliche Vorrichtung ist, man nimmt zwei gleiche, vollkommen ebene Metallscheiben und überzieht eine Ebene von jeder mit einer dünnen, ganz gleichmäßig zu vertheilenden Firnißschicht (Pfaff empfiehlt vorzüglich hierzu den Bernsteinfirniß, da er sich weniger leicht als andere Firnisse abreibt und sehr gut polirt). Nur eine der beiden Platten mit Firniß zu überziehen ist darum nicht räthlich, weil dann durch das Aufeinanderlegen der (heterogenen) Platten auf einander Elektricität erzeugt werden kann, diese aber von störendem Einflusse wäre, so daß man bei einem solchen Condensator nie auf Richtigkeit der Angaben rechnen könne. Sind beide Platten mit Firniß überzogen, so wird durch Aufeinanderlegen und Druck keine Elektricität erzeugt. Sollte die Firnißschicht auf den Platten nicht ganz gleichförmig vertheilt sein, so kann man sie durch vorsichtiges Abreiben der Platten an einander gleichförmig und so dünn, als man will, machen. — Statt der Firnißschicht zwischen den beiden Platten kann man, wie zuerst Lichtenberg vorschlug, eine dünne Luftschicht anbringen. Dies geschieht in der Art, daß man auf die untere Platte drei kleine Tropfen Siegellack oder Glas bringt, so daß sie ungefähr die Winkelpunkte eines gleichseitigen Dreiecks bilden und dem Deckel zu Stützpunkten dienen, daher, wenn er aufgesetzt wird, zwischen ihm und der untern Platte eine dünne Luftschicht, von der Höhe der Siegellacktropfen, zu liegen kommt. Die obere der beiden Platten A bekommt einen kleinen metallenen Knopf a (s. Fig. I.)

I.


II.


III.


IV.

und eine gläserne überfirnißte Handhabe M; die untere Platte B steht auf einem Fuße von Metall. — Oft werden, wie Fig. II. zeigt, beide Platten auf einem Gestelle einander gegenüber gestellt, der zu bb gehörige Träger c ist aus Glas, der zu aa gehörige f aus Metall. Mittelst einer Schraube lassen sich die beiden Platten einander nähern und von einander entfernen; a kann man auch ganz wenden und umlegen. — Man

pflegt am zweckmäßigſten den Condenſator mit einem Elektroſkop in Verbindung zu ſetzen, dann ſteht, wie Fig. III. und IV. (ſ. S. 1001) zeigt, die Platte a auf dem Elektroſkop; a iſt auf der Seite mit einem kleinen metallenen Knopfe verſehen, um die auf Elektricität zu unterſuchenden Körper damit in Verbindung bringen zu können; b hat dagegen eine kleine gläſerne Handhabe h, ſo daß man dieſen Deckel iſolirt abheben kann.

Das Verfahren nun iſt folgendes. Hat man einen Condenſator, welcher nicht mit einem Elektroſkop in Verbindung ſteht (ſ. Fig. I. S. 1001), ſo legt man die Platten über einander, berührt die untere mit dem Finger, um ſie mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen, und ſetzt dann den auf Elektricität zu prüfenden (muthmaßlich ſchwach elektriſirten) Körper mit dem Knopfe an der oberen Platte in Berührung. Dieſe Berührung unterhält man einige Secunden bis eine Minute. Nachdem aber die Berührung aufgehoben worden, ſetzt man den Fuß des Condenſators auf einen feſten Tiſch und hebt, während man ihn feſt gegen dieſen gedrückt erhält, den Collector an dem iſolirenden Handgriffe M ab, worauf man an einem Elektroſkope die Elektricität, mit der er ſich geladen hat, prüft. Bei Abhebung der oberen Platte von der unteren muß man dafür ſorgen, daß dies ſo geſchehe, daß die beiden Platten fortwährend in allen ihren Punkten zugleich getrennt und in gleichen Abſtänden gehalten werden. Wenn man ſie in einer ſchiefen Richtung, ſo daß die obere Platte gegen die untere geneigt wäre, von einander trennte, ſo würde ſich die Elektricität des Deckels in dem nach unten geſenkten Rande anhäufen, es würde leicht ein Funke entſtehen, der die Firnißſchicht durchdränge und den Condenſator entladete. Deswegen muß auch der Fuß des Inſtrumentes während der Abhebung des Collectors feſt auf den Tiſch gehalten werden, weil ſonſt die Adhäſion der beiden Platten an einander leicht bewirkt, daß ſie beim Abheben ſchief über einander hingleiten. Auch muß man ſich hüten, den auf Elektricität zu prüfenden Körper zu lange mit dem Inſtrumente in Berührung zu erhalten, weil bei einer zu ſtarken Ladung ebenfalls eine Entladung des Inſtrumentes erfolgen würde, indem die dünnen Firnißſchichten, welche die Platten trennen, nur einen gewiſſen Grad von Widerſtand zu leiſten vermögen, dann aber, wie ſonſt durch die Luft, durch einen zwiſchen den Platten überſpringenden Funken eine Entladung des Inſtrumentes geſchieht. Da man ſich des Condenſators nur zur Bemerkbarmachung ſehr geringer Elektricitäten bedient, ſo iſt es unnütz, einen Condenſator für ſtärkere Elektricitäten herzuſtellen, den man übrigens leicht erhalten könnte, wenn man die iſolirende Schicht zwiſchen den Platten verſtärkte, etwa eine Glasplatte dazu benutzte. Biot bemerkt in Bezug auf den Condenſator mit der Glasplatte, daß wenn deſſen Platten nicht ſtark gefirnißt ſind, der größte Theil der angehäuften Elektricität über das Glas ſich verbreitet und daran haften bleibt, ſo daß ſie beim Abheben des Collectors dieſem nicht folgt. Man kann dieſem Uebelſtande dadurch abhelfen, daß man auf der Oberfläche jeder Platte eine dünne Glasſcheibe befeſtigt, welche die Elektricität hindert, dieſe Oberfläche zu verlaſſen. Damit jedoch ſtarke Ladungen zurückgehalten werden können, muß man Entladungen nach den Seiten verhindern, indem man den Glasſcheiben einen größeren Durchmeſſer als den Platten giebt, und den Theil ihrer Oberfläche, der über den Platten vorſteht, mit einer ſtarken Schicht eines gut iſolirenden Firniſſes überzieht.

Den Hergang in den Platten, auf dem die Brauchbarkeit des Condenſators beruht, ſo wie die Art und die Grenze der durch den Collector bewirkten Ab-

fung setzt Biot *) folgendermaßen aus einander, wobei zu bemerken ist, daß das negative Zeichen — nichts weiter zu bedeuten hat, als daß die damit bezeichnete Electricität die entgegengesetzte derjenigen sei, welche durch einen Buchstaben ohne dieses Zeichen angedeutet ist.

Die Elektricität A, welche in den Collector gebracht worden ist, bindet aus der Ferne einen Theil entgegengesetzter El. — B in der untern, mit dem Boden in Verbindung stehenden Platte, und hindert sie, zu entweichen. Diese dagegen für ihr Theil bindet gleichfalls einen Theil A' der Elektricität des Collectors und raubt ihm seine Expansivkraft. Der Collector befindet sich also ganz in demselben Falle, als wenn er bloß A—A' freie Elektricität besäße; er muß demzufolge fortfahren, sich zu laden, bis diese Quantität (A—A') derjenigen gleich ist, welche er den Leitern, mit denen er in Verbindung stehet, unmittelbar entzogen haben würde, wenn er allein, außer dem Einflusse der untern Platte, mit ihnen in Berührung gebracht worden wäre. Das Verhältniß von A zu —B und von —B zu A' hängt von dem mehr oder minder beträchtlichen Abstande ab, der zwischen den Platten stattfindet. In jedem Falle aber muß —B, ohne Rücksicht auf sein Vorzeichen, schwächer sein als A, so daß, wenn A positiv und B negativ ist, beide mit einander in Berührung gebracht, einen Ueberschuß positiver Elektricität geben müssen. Denn die Anziehung der Theilchen von +A gegen —B muß in der Entfernung geringer sein, als in der unmittelbaren Berührung; da sie nun durch die isolirende Schicht hindurch —B binden und ihm seine natürliche Expansivkraft rauben, so müssen sie durch ihre Zahl das ersetzen, was ihnen an der Stärke der Wirkung abgeht. Wir werden mithin immer B als einen Bruch von A auszudrücken haben. Um von einer festen Vorstellung auszugehen, wollen wir z. B. $B = {}^{99}/_{100}$ von A annehmen und den Folgerungen aus dieser Voraussetzung nachgehen.

Ebenso wie +A durch die Dicke der isolirenden Schicht hindurch —B bindet, so giebt es umgekehrt in A einen Theil A', der von — B gebunden wird; und da — B ganz unter denselben Umständen als + A wirkt, so wird es auch eine, zu ihm in demselben Verhältnisse stehende, Quantität Elektricität binden müssen; d. i. ${}^{99}/_{100}$ B . A', also wird $A' = {}^{99}/_{100}$ von B sein; und da B selbst $= {}^{99}/_{100}$ von A ist, so folgt, daß $A' = {}^{99}/_{100} \times {}^{99}/_{100}$ von A, d. i. $\frac{9801}{10000}$ A sein wird. Der Ueberschuß von A über A', der den auf dem Collector frei gebliebenen Antheil Elektricität ausdrückt, wird also $A - \frac{9801}{10000}$ A, d. i. $\frac{199}{10000}$ A sein; ein Bruch, der fast genau $= {}^{1}/_{50}$ A ist, mithin wird diese Platte fortfahren müssen, sich mit Elektricität zu laden, bis der 50ste Theil ihrer Ladung der Quantität gleich kommt, die sie von selbst den nämlichen Leitern entziehen würde, wenn man sie denselben allein und ohne den Einfluß der unteren Platte darböte. Unter diesem Einflusse also wird ihre Ladung 50mal so stark erfolgen, als wenn sie für sich geladen würde. Oder im Allgemeinen: Es bezeichne m das Verhältniß, welches oben zu ${}^{99}/_{100}$ angenommen wurde; dann ist $A' = m^2A$, der Ueberschuß von A über $A' = A - m^2A = (1 - m^2)\,A$; also die totale Menge der Elektricität verhält sich zu dem freien Theile derselben wie $1 : 1 - m^2$, d. h. $\frac{1}{1-m^2}$ ist die condensirende Kraft des Instrumentes.

*) A. a. O. S. 240.

Aus dieser Herleitung ergiebt sich, daß im Allgemeinen die condensirende Kraft des Instrumentes von dem Bruch abhängt, der das Verhältniß, in dem sich die Elektricität auf seinen beiden Oberflächen wechselseitig aus der Ferne binden, ausdrückt. Je näher dieser Bruch (m) der Einheit kommt, um so mehr werden die Elektricitätsmengen, welche sich durch die isolirende Schicht zu binden vermögen, sich der Gleichheit nähern, und um so weniger wird der Ueberschuß frei bleibender Elektricität auf dem Collector betragen. Das Verhältniß dieses Ueberschusses zur ganzen Ladung des Condensators wird sich immer, wie in dem vorigen Beispiele, berechnen lassen; und kehrt man dies Verhältniß um, so wird man das Maß der Condensation haben. Dies setzt eine Kenntniß vom Werthe des Bruches voraus, der das Bindungsverhältniß beider Platten ausdrückt. Hierzu läßt sich durch die Erfahrung gelangen. Zu diesem Zweck isolire man das Instrument und lade seinen Collector mit irgend einer Quantität Elektricität, während die untre Platte mit dem Boden in leitender Verbindung steht. Darauf unterbreche man diese Verbindung, und hebe die Platten, während sie so isolirt sind, genau parallel mit einander, zugleich mit ihren isolirenden Schichten, von einander ab, indem man sie an ihren gläsernen Handhaben faßt. Zu diesem Zwecke ist auch die zweite Platte so eingerichtet, daß eine gläserne Handhabe an sie angeschraubt werden kann. Darauf bringe man das Prüfungsscheibchen (ein ganz kleines Scheibchen von Goldpapier an einem es isolirenden Schellackfaden) auf jede derselben an einen ähnlich gelegenen Punkt, z. B. an ihren Umkreis, und messe mit der Drehwage (s. d. Art.) die Ladungen, die das Scheibchen von der einen, wie von der andern Platte aufgenommen hat. Sie werden den Dicken der elektrischen Schichten an den Berührungspunkten proportional sein, mithin auch den Totalquantitäten von Elektricität in beiden Platten, weil diese von gleicher Größe und die Berührungspunkte als ähnlich gelegen angenommen sind. Stellt nun die Ladung, welche das Prüfungsscheibchen vom Collector aufgenommen hat, A vor, so wird die, welche sie durch die untere ertheilt worden ist, — B vorstellen; und das Verhältniß letzterer zur ersten wird den Bruch geben, der das Verhältniß, in dem sich die Elektricitäten beider Platten binden, ausdrückt, woraus man dann durch (die angegebene) Berechnung das Maß der condensirenden Kraft wird herleiten können. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Verhältniß der Condensirung direct auszumitteln sucht, was so geschehen könnte, daß man mittelst des Prüfungsscheibchens die Ladung vergliche, die der Collector von dem nämlichen Systeme von Leitern erhält, wenn er allein, und wenn er unter dem Einflusse der andern Platte ist. Denn zur Genauigkeit dieser Vergleichung wäre erforderlich, daß die Leiter in beiden Fällen genau denselben Grad der Ladung besäßen, wofür sich niemals stehen läßt.

Kommt es indeß nicht auf eine sehr genaue Bestimmung der Condensationskraft eines Condensators an, so kann man diese leicht in folgender Art erhalten. Man bediene sich eines Goldblatt- oder Strohhalm-Elektrometers, welches mit einer Gradtheilung versehen ist, an der man die Abweichung der Goldblättchen x. absehen kann. Nun bringe man einen schwach elektrischen Körper erst unmittelbar an den Elektrometer und sehe, um wie viel Grade die Goldplättchen von einander gehen; darauf setze man denselben schwach elektrischen Körper in Verbindung mit dem Condensator, und den Collector desselben darauf mit dem Elektrometer. Jetzt werden die Goldblättchen viel stärker aus einander gehen, und gingen sie z. B. vorher um einen, jetzt um zwanzig Grade aus einander, so verdichtete der Condensator

um das zwanzigfache. Mit Hülfe mehrerer Elektrometer von ungleicher, in ihrem Verhältniß zu einander aber bekannter Empfindlichkeit, läßt sich eine größere Genauigkeit erzielen. Auch so kann man die condensirende Kraft eines Condensators bestimmen, daß man bei einer Volta'schen Säule untersucht, wie viele Plattenpaare über einander geschichtet werden müssen, um, wenn das eine Ende der Säule mit dem Erdboden in Verbindung steht, mit dem andern Ende unmittelbar an einem Elektrometer ohne Hülfe des Condensators dieselbe Wirkung hervorzubringen, welche mit Hülfe des Condensators Ein Plattenpaar hervorbringt. So fand Pfaff, daß seine empfindlichsten Condensatoren eine 300mal verdichtende Kraft besaßen; denn erst 300 Plattenpaare einer Volta'schen Säule brachten ohne Condensator die Wirkung eines Plattenpaares mit Condensator hervor.

Unangesehen die condensirende Kraft, welche durch die angegebenen Umstände bestimmt wird, hängt die absolute Wirkung eines Condensators noch von der absoluten Menge Elektricität ab, welche der Collector den ihn ladenden elektrisirten Leitern entzieht, wenn er allein mit ihnen in Berührung gebracht wird. Nun muß, unter übrigens gleichen Umständen, diese Menge mit der Oberfläche des Collectors zunehmen. Condensatoren von größerem Durchmesser werden demnach mehr Elektricität anhäufen, als solche von geringerem Durchmesser, und mithin auch bei ihrer Entladung stärkere Schläge ertheilen, womit die Erfahrung in Uebereinstimmung ist.

Dieses wechselseitige Binden, auf das wir unsere Rechnungen gegründet haben, kann durch folgenden Versuch wahrnehmbar gemacht werden. Man lade einen Condensator mit einer Glasplatte, während die untere Platte mit dem Boden in Verbindung steht, isolire darauf den ganzen Apparat und berühre jetzt erst die untere Platte; man wird keine Elektricität daraus erhalten, zum Zeichen, daß alle darin vorhandene durch Binden zum Verschwinden gebracht ist. Man berühre nun die obere Platte, sie wird einen Funken geben, allein deshalb wird noch nicht alle ihre Elektricität entwichen sein; sie wird vielmehr noch einen bedeutenden Antheil davon zurück behalten. Auch dieser Antheil war also gebunden. Um ihn zur Wahrnehmung zu bringen, berühre man abermals die untere Platte. Diesmal wird sie einen Funken geben, weil nicht alle ihre Elektricität mehr gebunden ist; denn ein Theil der Elektricität im Collector, welche sie aus der Ferne band, ist ja entfernt worden. In Folge dieser neuen Berührung wird nun aber wieder ein neuer Theil der Electricität im Collector frei; dieser giebt also abermals einen Funken, und dies abwechselnd so lange fort, bis beide Platten vollständig entladen sind. Es ist leicht, das Gesetz dieser Progression durch Rechnung nach dem constanten Verhältniß auszumitteln, welches zwischen den sich wechselseitig auf beiden Platten bindenden Elektricitätsmengen stattfindet. Es ergiebt sich daraus, daß die erste Berührung mehr Elektricität entzieht, als die zweite, diese mehr als die dritte u. s. f., so daß die ihr entzogenen Quantitäten eine abnehmende geometrische Progression befolgen, deren Exponent das Bindungsverhältniß ist. Berührt man beide Platten zu gleicher Zeit, so pflanzen sich die sämmtlichen Quantitäten Elektricität, die durch abwechselnde Berührung successiv aus beiden Platten hätten hervorgelockt werden können, in einem Augenblicke durch die Organe hindurch fort, und der Condensator ist mit einem Schlage entladen.

Es ist oben (S. 1002) angeführt worden, daß in dem Condensator mit einer Glaszwischenlage und unbelegten Platten der größte Theil der angesammelten Elek-

tricitäten nicht an der Oberfläche der Platten haften bleibt, sondern sich an die beiden Gegenflächen des Glases festhängt. Dann besteht die ganze Wirkung der Platten eigentlich bloß darin, eine frei leitende Verbindung zwischen den verschiedenen Punkten jeder der beiden Flächen dieser Glaslage zu bewerkstelligen, so daß die Elektricität sich leicht über dieselben ausbreiten und ebenso im Augenblicke des Entladens von allen ihren Punkten zugleich entweichen kann. Daß dies sich so verhalte, läßt sich leicht durch die Erfahrung nachweisen. Zu diesem Zwecke stelle man einen solchen Condensator, nachdem man ihn geladen hat, auf ein Isolatorium (eine Unterlage von Glas oder Harz), hebe dann mittelst einer isolirenden Handhabe die obere Platte mit der Hand ab; sie wird bei der Berührung nur einen schwachen Funken geben und die Expansivkraft wird auf die andere Platte übergehen. Darauf hebe man auch die Glaslage ab, indem man sie an einer Ecke faßt, und berühre nun die untere Platte; sie wird auch einen, aber ebenfalls nur sehr schwachen Funken geben. Die angehäuften Elektricitäten müssen also an den beiden Flächen der Glasplatte hängen geblieben sein; und wirklich, wenn man sie wieder zwischen die beiden isolirten Platten legt, ohne einem Theile des Systems eine neue Quantität Elektricität zu ertheilen, wird sich der Condensator von selbst fast ebenso stark geladen wieder finden, als das erste Mal. Oder auch, anstatt das Glas wieder zwischen beide Platten des Condensators zu bringen, lege man seine Hände unmittelbar auf die beiden Gegenflächen desselben auf, so daß es in einer großen Zahl von Punkten davon berührt wird; man wird einen Entladungsschlag fühlen, als wenn das Glas zwischen den Platten gelegen hätte, weil die Ausdehnung, in der es von den Händen berührt wird, vielen Punkten an beiden Oberflächen auf einmal sich zu entladen gestattet. Fährt man aber, anstatt die Glasflächen mit ausgebreiteten Händen zu berühren, bloß mit den Fingerspitzen darüber hin, so wird man nur ein Knistern und eine, sich auf die berührten Punkte beschränkende, Entladung empfinden; auf jeden Fall wird keine allgemeine Entladung eintreten, und man nicht Gefahr laufen, sich starken Erschütterungen auszusetzen.

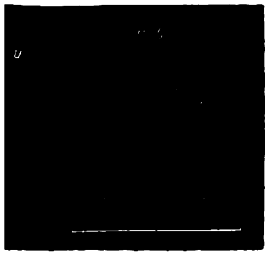
Steht der Condensator in Verbindung mit einem Elektrometer, so vertritt die untere Platte die Stelle des Collectors, und hiernach ändert sich die Art des Verfahrens beim Gebrauche desselben etwas ab. Man bringt nämlich nun den zu prüfenden Körper mit der unteren Platte in Berührung, an welcher daher auch (s. Fig. III. und IV. S. 1001) der kleine metallene Knopf angebracht ist, den Deckel aber bringt man durch Auflegung des Fingers in leitende Verbindung mit dem Erdboden. Darauf hebt man die Verbindung des elektrischen Körpers mit der unteren Platte auf (und zwar bedient man sich dabei eines Isolirstabes, der Hand, um keine Ableitung zu geben), und hebt darauf den Deckel an der fernen Handhabe von der unteren Platte. So wie dieses geschieht, wird die Wirkung der freiwerdenden Elektricität auf die Goldblättchen (oder Strohhalme) des Elektrometers zeigen. Doch auch wenn die obere Platte mit dem elektrischen Körper in Berührung gestanden hätte und die untere Platte berührt worden wäre, wird sich die Gegenwart der Elektricität, nach Aufhebung der Verbindung der Basis und des Deckels, an dem Elektrometer zeigen, allein wie aus dem Vorigen begreiflich, etwas schwächer, und die freiwerdende Elektricität wird entgegengesetzter Art von der des elektrischen Körpers sein.

Die oben erwähnten Untersuchungen über die Stärke eines Condensators, in

wie die meiſten Verſuche mit dem Condenſator werden ſich bequemer anſtellen laſſen, wenn derſelbe in unmittelbarem Zuſammenhange mit dem Elektrometer ſteht, alſo nicht erſt bei jedem einzelnen Verſuche mit ihm in Verbindung geſetzt zu werden braucht.

Kennt man die Verdichtungskraft des Condenſators, deſſen man ſich bedient, ſo kann man nach der Beobachtung am Elektrometer auch die Art der Elektricität des geprüften elektriſchen Körpers beſtimmen. Es kommt bei dieſen Verſuchen aber vorzüglich darauf an, daß der Condenſator ſelbſt nicht ſchon vor dem Verſuche, alſo ehe er durch Mittheilung von einem elektriſchen Körper Elektricität empfangen hat, elektriſch ſei. Man muß ihn daher vor jedem neuen Verſuche vollkommen entladen, welches dadurch geſchieht, daß man beide Platten deſſelben zugleich an den leitenden Seiten mit den Fingern berührt, auch prüft man ihn an einem empfindlichen Elektrometer, auf welches er keine Wirkung äußern darf. Schon durch Abwiſchen und Reiben der Harzfläche kann dieſelbe elektriſch gemacht werden, daher man mit dieſem Inſtrumente ſehr vorſichtig umgehen muß.

Man bemerkt durch den Condenſator eigentlich nicht ſehr geringe Mengen von Elektricität, ſondern vielmehr nur Elektricität, die zwar in bedeutender Menge, aber von ſo geringer Spannung vorhanden iſt, daß ſie unmittelbar durch das Elektrometer nicht wahrgenommen werden kann. Dieſe erhält im Condenſator eine bedeutendere Spannung. Sowie man nun durch einen Condenſator die Elektricität eines Körpers, bei dem dieſelbe einen geringen Grad von Spannung hat, bemerkbar machen kann, ſo kann man, wenn in dem Collector eines Condenſators ſelbſt die Elektricität noch nicht diejenige Spannung erlangt hat, die nöthig iſt, damit die Elektricität am Elektrometer bemerkt werden könne, dieſe durch einen zweiten Condenſator mit kleineren Platten erlangen. Während man alſo oft die Elektricität eines Körpers noch nicht durch den einen Condenſator bemerken kann, kann man es doch, wenn man den Collector dieſes Condenſators ſelbſt wieder als zu prüfenden Körper mit dem Collector eines zweiten Condenſators verbindet. Hierauf beruht die Conſtruction des doppelten Condenſators. Eine ſehr brauchbare Einrichtung, die Cuthberſon dieſem Inſtrumente gegeben hat, beſchreibt Pfaff*) ſehr faßlich, wie folgt. Statt in horizontaler Lage, befinden ſich hier die Platten bei ihrem Gebrauche in einer verticalen; aa und bb (ſ. beiſtehende Fig.) ſind Meſſingſcheiben von ungefähr 8 Zoll Durchmeſſer. Die



Platte bb iſt an die mit einer Hülſe verſehene Kugel von Meſſing e angeſchraubt und wird von einem Glasſtabe c getragen, deſſen unteres Ende in dem hölzernen Fuße d befeſtigt iſt. Die andere Platte aa wird von der Meſſingſtange f, die unten mit einem Charnier und oben mit einer Kugel, an welche die Platte angeſchraubt, verſehen iſt, in paralleler Lage mit bb erhalten. Mittelſt des Charniers läßt ſich dieſe Platte aa zurücklegen in die Lage, wie die punktirten Linien ug bezeichnen. Ein hervorragendes Stück am Charnier hält die Platte auf, wenn ſie in die gehörige Lage parallel mit b gekommen iſt, und erhält ſie in ihr. Auf der Kugel e befindet ſich eine Mutter-

*) Gehler's phyſ. Lex. N. A. Bd. II. S. 243.

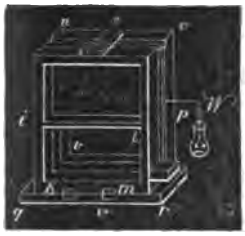
schraube, in welche sich drei Stücke für drei Hauptversuche, die man mit dem Condensator anstellen will, einschrauben lassen, ein kleiner messingener Becher, ein mit Stanniol überzogenes Stäbchen für die Luftelektricität und ein Messingdraht, der mit einem Gelenk versehen und bestimmt ist, die Condensatorplatte mit der Platte einer Volta'schen Säule in leitende Verbindung zu setzen. Zur größeren Bequemlichkeit bedient man sich eines gewöhnlichen Goldblattelektrometers (s. nebenstehende Fig.), woran der kleine Condensator angebracht ist, dessen Scheiben 1",5 im Durchmesser haben, deren eine an die messingene Deckplatte des Elektrometers angeschraubt ist, die andere an einen Messingstab, welcher unten auf gleiche Weise, wie am großen Condensator, mit einem Charniere versehen ist, um die Scheibe niederlegen zu können, und auf dem Fuße des Elektrometers festsitzt. Beide Instrumente lassen sich einzeln und in Verbindung mit einander gebrauchen. Erfordert der Versuch (wenn nämlich der einzelne Condensator keinen merklichen Ausschlag giebt) beide Condensatoren, so werden sie mit einander verbunden. Die feste Platte bb des größern Condensators muß zu dem Ende an der Seite mit einem Messingkiste versehen sein, der in ein Loch am Rande der Collectorplatte bb des kleinen Condensators gut paßt. Will man z. B. die Elektricität, die durch einen mit Luftentwicklung verbundenen chemischen Proceß erregt wird, untersuchen, so schraubt man das Schälchen auf die Kugel des großen Condensators und setzt in dasselbe eine Glas- oder Porcellanschale mit den Materien, welche jene Luftentwicklung geben sollen, z. B. Kreide und verdünnte Schwefelsäure, und verbindet darauf beide Condensatoren. Hat das Aufbrausen begonnen, so schlägt man die bewegliche Platte an des großen Condensators in die punktirte Lage zurück, und wenn viel Elektricität erzeugt ist, so divergiren jetzt schon die Goldblättchen, wo nicht, so schlägt man nun auch die eine Platte des kleinen Condensators zurück, wo unfehlbar in obigem Falle Spuren von Elektricität sich zeigen werden.

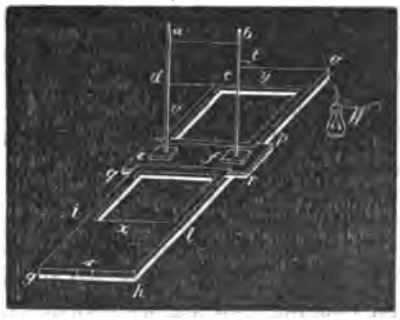
Ein Condensator mit zwei Deckeln statt der bisher erwähnten mit einem Deckel ist das unter dem Namen Collector (lat.; Elektricitäts-Sammler) von Cavallo im J. 1788 der Societät der Wissenschaften zu London vorgelegte Instrument, welches auch mit dem Volta'schen Condensator ganz einerlei Bestimmung hat. Vor diesem hat Cavallo's Instrument den Vorzug, daß es, wie gesagt, zwei Deckel hat, also, wenn es übrigens gleiche condensirende Kraft hat, doppelte Wirkung hervorbringt; dafür aber ist, seiner ganzen Beschaffenheit nach, nicht möglich, dasselbe so dauerhaft und brauchbar herzustellen, wie das Volta'sche Instrument. Pfaff*) giebt folgende Beschreibung:

Die beiden perspectivischen Zeichnungen (s. Fig. I. und II.) stellen das Instrument dar; die eine in dem Zustande, die Elektricität zu sammeln, die andere in dem Zustande, die gesammelte Elektricität bemerkbar zu machen. Die nämlichen Buchstaben bezeichnen dieselben Theile in beiden Figuren; abcd ist eine ebene Zinnplatte, 13" lang und 8" breit. An den kurzen Seitenrändern sind zwei zinnerne Röhren ad und bc angelöthet, die an beiden Enden offen sind; de und ef sind zwei Glasgefäße, die mit Siegellack und durch Hülfe der Wärme (nicht bei

*) Gehler's phys. Lex. Neue Ausg. Bd. II. S. 166.

I. II.





Beingeiſtes, welches nur eine unvollkommene Iſolirung gewährt) überzogen ſind. Sie ſind in die unteren Oeffnungen der zinnernen Röhren und ebenſo in den hölzernen Unterſatz der Maſchine bei e und f eingekittet, dergeſtalt, daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird und völlig iſolirt iſt; g h i l q r und o p v ſind zwei hölzerne Rahmen, welche an das hölzerne Bodenſtück befeſtigt ſind und durch Hülfe meſſingener Charniere k, m entweder parallel mit der zinnernen Platte geſtellt, oder geöffnet und auf das Bodenſtück gelegt werden können. Ueber die innere Seite der Rahmen wird von der Mitte ihrer Höhe, wo der untere Rand der Zinnplatte gegenüberſteht, Stanniol x, y mit aller Sorgfalt aufgeklebt, daß er vollkommen eben anliege. Wenn die Rahmen vertical ſtehen, ſo berühren ſie die Zinnplatte nicht, ſondern ſtehen ungefähr 0″,2 davon ab. Sie ſind auch etwas ſchmäler als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren a d, b c nicht zu berühren. In der Mitte des Obertheiles jedes Rahmens befindet ſich ein kleines hölzernes Bret, s und t, mit einer meſſingenen Klammer, durch welche die Rahmen in der Höhe befeſtigt werden, und welche zugleich verhindert, daß ſie der Zinnplatte nicht zu nahe kommen können. Man ſieht leicht, daß, wenn die Rahmen vertical gerichtet, die Flächen des Stanniols x, y gleichlaufend und parallel mit der Zinnplatte ſind.

Wenn das Inſtrument gebraucht werden ſoll, ſo ſtellt man es auf einen Tiſch oder einen andern bequemen Ort. Man ſtellt irgend ein empfindliches Elektrometer, wie das B e n n e t'ſche oder B o h n e n b e r g e r'ſche, daneben, und bringt es durch einen Metalldraht mit einer von den zinnernen Röhren a d, b c in leitende Verbindung. Man veranſtaltet eine andere leitende Verbindung zwiſchen der Zinnplatte und dem Elektricitätsquell, deſſen Elektricität man in der Zinnplatte a b c d ſammeln und verdichten will. Nachdem dieſe Verbindung nach den Umſtänden mehr oder weniger lange beſtanden hat, hebt man die Verbindung auf, und legt die Seitenrahmen einen nach den andern nieder, worauf dann das Elektrometer durch die Divergenz der Goldblättchen, oder bei Anwendung des B o h n e n b e r g e r'ſchen durch die Bewegung nach der einen oder andern Seite, Elektricität anzeigen wird, auch wenn ihre urſprüngliche Spannung noch ſo gering war, wenn nur ein hinlänglicher Vorrath von Elektricität von dem Elektricitätsquell aus, den man prüft, hinzuſtrömen konnte. Sollte jedoch die Zinnplatte des Collectors keine Elektricität durch das Elektrometer verrathen, ſo kann man einen kleinern Collector, nämlich einen ſolchen, deſſen Zinnplatte ungefähr 4 Quadratzoll hat, mit der Zinnplatte des größeren, worin man zuvor auf die angegebene Weiſe die Elektrici-

tät angesammelt hat, in Berührung bringen, während bloß die Seitenrahmen des letzteren angelegt sind. Wenn alsdann der kleine Collector von dem größeren entfernt wird, seine Seitenrahmen nun erst niedergelegt werden, und seine Zinnplatte mit einem empfindlichen Elektrometer in Berührung kommt, so wird dieses dann in manchen Fällen noch deutliche Spuren von Elektricität verrathen, und eine an größeren Collector zwar nur sehr schwach wahrgenommene Elektricität wird jetzt sehr verstärkt erscheinen.

Es wurde schon bemerkt, daß der Condensator in allen denjenigen Fällen Anwendung findet, wo Elektricität in Menge, aber von geringer Spannung vorhanden ist; er wird also namentlich dann anwendbar sein, wo sich die entzogene Elektricität sogleich wieder ersetzt, wie dies namentlich bei der Berührungselektricität der Fall ist, sowie da, wo Elektricität über große Flächen ausgebreitet ist. Man kann bei der Herstellung eines Condensators Rücksicht nehmen auf den Gebrauch, den man vorzugsweise von ihm machen will.

Im Folgenden will ich noch einige Mittheilungen machen über in neuerer Zeit ausgeführte, vorzüglich empfohlene Constructionen des Condensators.

Munck af Rosenschöld *) beschreibt einen von ihm gebrauchten Condensator und dessen Herstellung, welcher eine Verbesserung des oben erwähnten Lichtenberg'schen Instrumentes ist. Dieser Condensator besteht aus zwei kupfernen Platten 3″ 7‴ im Durchmesser und 2‴ dick, die so gut an einander geschliffen sind, daß sie mit ihren ebenen Flächen stark an einander adhäriren und keinen Lichtstrahl den Durchgang verstatten. Da es bei einem guten Condensator darauf ankommt, daß die Platten, ohne sich zu berühren, einander so nahe als möglich sind, so wurde dies auf folgende Weise zu erreichen gesucht. Nachdem die untere Platte auf das Gestell einer Lampe gelegt war, wurden 20 bis 30 sehr kleine Gummilackstücke von der Größe eines Sandkorns, nahe am Rande herum so geordnet, daß die Abstände ungefähr gleich waren. Darauf wurde die Platte erhitzt und sobald die Gummilackkörner völlig flüssig waren, wurden sechs schmale Streifen von dünnem Stanniol in gleichen Entfernungen zwischen ihnen gelegt und die Flamme sogleich gelöscht. Dann wurde die obere Platte vorsichtig auf die untere gelegt und beide stark gegen einander gedrückt. Nach dem Erkalten kann man die obere Platte leicht los machen, und alle Gummilackkörner bleiben platt an der unteren haften. Beide Platten nähern sich also einander bis auf die Dicke eines dünnen Blattes Stanniols, und die Entfernung ist überall gleich. — Beim Gebrauch wird die untere Platte an das Volta'sche Elektrometer geschraubt, und die obere, welche mit einer isolirenden Glasröhre und Handhabe versehen ist, darauf gelegt. — Munck af Rosenschöld macht noch besonders darauf aufmerksam, daß die Gummikörner sehr rein sein müssen, weil bei der geringsten fremden Einmischung die Elektricität der unteren Platte in die obere übergeht.

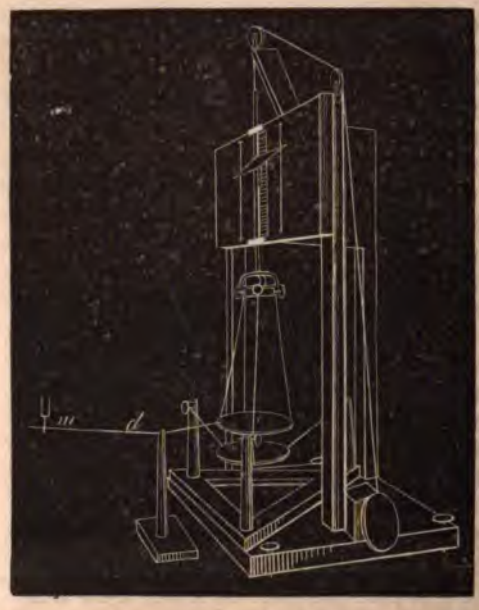
Péclet **) hat einen Condensator ausgeführt, welcher sich durch außerordentliche Empfindlichkeit auszeichnet und besonders zu den feinen Versuchen über Berührungselektricität zu brauchen ist. Derselbe besteht aus drei Glasplatten, die sorgfältig auf einander abgeschliffen und mittelst Eiweis ganz mit Blattgold belegt worden sind. Eine dieser Platten A ist an einem gewöhnlichen Goldblatt-

*) Pogg. Ann. Bd. XXXV. S. 46.
**) Compt. rend. T. VII. p. 486. Pogg. Ann. Bd. XLVI. S. 343.

Elektrometer befestigt und auf ihrer oberen Fläche überfirnißt. Die zweite, B, ruht auf der ersten; sie ist auf beiden Seiten gefirnißt, und an einem Punkte ihres Umfangs sitzt horizontal ein vergoldetes ungefirnißtes Kupferstäbchen; auch ist sie in der Mitte, wie die bewegliche Platte der gewöhnlichen Condensatoren, mit einem zu ihrer Handhabung dienenden Glasstab versehen. Auf dieser Platte endlich befindet sich die dritte Platte C, welche zur Durchlassung des Stabes von B in ihrer Mitte mit einem Loch versehen ist. Die Platte C ist bloß an ihrer Unterseite gefirnißt und auf dem Loch in ihrer Mitte mit einer Glasröhre versehen, welche den Stab von B umschließt, aber kürzer als dieser ist. — Die Gebrauchsweise dieses Apparats ist nun folgende: Man berührt die obere Platte mit dem Metall, dessen Wirkung auf das Gold man kennen lernen will, und setzt die Platte B mit dem Boden in Verbindung. Dann unterbricht man diese Verbindung, hebt die Platte C ab und berührt die Platte A. Nachdem man diese Operation einige Male wiederholt hat, hebt man mittelst des Stiels der Platte B zugleich die beiden Platten B und C ab. Die Goldblätter des Elektrometers divergiren nun desto stärker je öfterer der Contact vollzogen ward. — Die Goldblättchen sind eingeschlossen in einen Kasten von parallelen Glasplatten, der auf einem mit Stellschrauben versehenen Fuße ruht, auf welchem an einer Seite eine senkrechte Platte mit einem kleinen Loch, und auf der andern Seite ein senkrechter getheilter Gradbogen, dessen Mitte in gleicher Höhe liegt mit dem Loch in der Platte und dem oberen Ende der Goldplättchen. Man sieht durch das Loch der Platte, wenn man beobachten will.

Ein sehr sorgfältig ausgeführter Condensator, der mit dem Dellmann'schen Elektrometer (s. d. Art.) in Verbindung gesetzt wurde, beschreibt Kohlrausch *). Dieses Instrument empfiehlt sich besonders zu Untersuchungen bei Elektricitätsquellen von unendlicher Ergiebigkeit, bei geringer constanter Dichtigkeit. Es gelang Kohlrausch, mit diesem Condensator die elektroskopischen Spannungen einfacher Volta'scher Ketten fast mit derselben Genauigkeit zu messen, mit welcher man ihre elektromotorischen Kräfte bestimmt. Die Vortheile des Apparates liegen darin, daß man die Platten bei vergleichenden Versuchen genau auf dieselbe Weise wiederholt einander nähern kann, auf gleiche Weise, mit demselben Punkte, die Verbindung der Collectorplatte mit dem Elektrometer bewirken kann, und daß die Aufhebung der Collectorplatte stets gleichförmig geschieht, was mit dem Aufheben mit freier Hand nie zu erzielen ist, und daß endlich die isolirenden, mit Kitt befestigten Glasstiele vermieden sind, auf deren störenden Einfluß Kohlrausch aufmerksam gemacht hat. Statt der Glasstiele hat Kohlrausch isolirende Seidenschnüre angewendet. In der nächststehenden Abbildung ist das Instrument dargestellt. Die Messingplatten sind $5^1/_2$ Par. Zoll im Durchmesser und reichlich 1 Linie dick. Die drei Seidenschnüre sind durch Löcher am Rande gezogen, doch münden diese Löcher nur auf dem Rande und der äußeren Fläche, so daß die auf einander liegenden Flächen unversehrt sind. Die Schnüre sind nicht viel stärker, als das Gewicht der Platten erfordert, damit sie der Elektricität möglichst wenige Leitung darbieten. Die zur unteren Platte sind etwa 5 Zoll lang und können noch kürzer sein, die zur oberen 8 bis 10 Zoll. Durch Wirbel können die Schnüre verkürzt werden. Die zur unteren Platte gehörigen Wirbel stecken in hölzernen Säulen,

*) Pogg. Ann. Bd. LXXV. S. 90.



welche von einem verschiebbaren Dreieck getragen werden, die Wirbel zur oberen Platte in einem Holzkreise. Auf diesen ist ein Stück Messing geschroben, welches aus drei Armen besteht, die in Winkeln von 120° zu einander gestellt sind. Ihre Enden ragen über den Holzkreis hervor, sind hier abgesetzt und liegen in den drei Enden eines messingenen Dreizacks, welcher von einer aufwärts laufenden Stange getragen wird. So kann der Holzkreis mit der Collectorplatte aus dem Dreizack ausgehoben und genau wieder auf dieselbe Weise eingehängt werden. Die Metallstange hängt an einem Bindfaden, welcher über Rollen laufend unten an der Axe einer Rolle mit größerem Knopfe befestigt ist, durch deren Drehen die Collectorplatte gehoben und gesenkt wird. Die Axe besteht aus einem etwas conisch geschliffenen dicken Metallstift, welcher in einem Holzklotze mit genügender Reibung sich drehen läßt. Damit bei dem Heben und Senken der Collectorplatte jede Drehung vermieden werde, ist auf die mehr erwähnte Metallstange ein horizontales Messinglineal gelöthet, dessen Enden auf verticalen Stahldrähten gleiten. Außerdem führt der Metallstab bei seinen Bewegungen einen Nonius auf einer getheilten Scale auf und nieder. Um der Stange eine leichte und sichere Bewegung zu geben, läuft sie oben und unten in Pfannen, in welchen sie durch federnde Fischbeinplättchen erhalten wird. — Die Isolirung der Platten von einander ist folgendermaßen bewerkstelligt. Die erhitzte untere Platte wurde an drei Stellen in der Nähe des Randes einmal mit dünnem Lackfirniß bestrichen. Auf jede dieser $^3/_4$-großen gefirnißten Stellen, von denen aller Weingeist durch Hitze vertrieben war, wurde ein dünnes Stückchen Schellack gelegt und nun die Platte von unten so stark erhitzt, daß das Lack zum Schmelzen kam und sich fest mit der Platte verband. Durch ein scharfes Messer konnten diese erhabenen kleinen Lackstellen geebnet und so weit weggenommen werden, als die zu erstrebende Empfindlichkeit des Condensators erforderlich machte. Darauf wurde auch die obere Platte an den correspondirenden Stellen mit Lackfirniß überzogen, damit beim Aufsetzen derselben nicht etwa Elektricität entstehe. Diese Firnißstellen auf beiden Platten scheinen auch deshalb nöthig, weil sonst bei größerer Spannung der sehr kurze Weg, nämlich die Dicke des aufgeschmolzenen Lacks, von den Elektricitäten zur Ausgleichung könnte benutzt werden. — Hat man den Condensator geladen und will nun die Elektricität an das Dellmann'sche Elektrometer übertragen, so hebt man die Collectorplatte bis zur Berührung mit dem einen Ende des Verbindungsdrahtes d. Dieser etwa $^3/_8$ Linien dicke und also federnde Draht ist in der Spitze einer Lack

säule eingeschmolzen, welche auf einem kleinen Fußbrete steht; sein anderes Ende berührt den Zuleitungsdraht m des Elektrometers. Sobald auf diese Weise die Elektricität sich in den Apparat ergossen hat, senkt man die Collectorplatte bis zu einer willkürlichen, immer aber derselben Tiefe unter den Draht d und isolirt dann erst Streifchen und Wagebalken. Dies geschieht aus zweierlei Gründen. Da die abgeleitete untere Platte trotz der größeren Entfernung noch rückbindend auf die Collectorplatte wirkt, so muß die Mittheilung der Elektricität dieser an den Apparat immer in derselben Entfernung von der unteren Platte geschehen. Wollte man dies dadurch erreichen, daß man durch Beobachtung des Nonius auf dem getheilten Lineale während der Berührung und geringen Hebung des Drahtes d genau immer dieselbe Höhe erwirkte, so würde man durch den Zeitaufwand einen zu verschiedenen Zeiten verschiedenen Elektricitäts-Verlust erfahren. Dann auch würde man mit der Hand die Senkung des Zuleitungsdrahtes nicht wohl bewerkstelligen dürfen, sondern durch einen längeren Faden den betreffenden Hebel losziehen müssen, weil der rückbindende Einfluß der nicht genau immer auf dieselbe Weise zu führenden Hand in der Nähe des Drahtes d und der Platte größere Differenzen herbeiführt, wenn beide noch verbunden sind, als nach geschehener Trennung. — Um die Collectorplatte zu entladen, hebt man sie bis zum Drahte d und legt nun den Entladungsdraht des Elektrometers an den Zuleitungsdraht. So erfolgt die Entladung mit der des Elektrometers zugleich. Beim Laden des Condensators soll man nach Kohlrausch die untere Platte nicht mit dem Finger berühren, sondern soll zur Ableitung einen in die Erde führenden Draht von demselben Metall wie der Ladungsdraht der Collectorplatte mit der unteren Platte verbinden*).

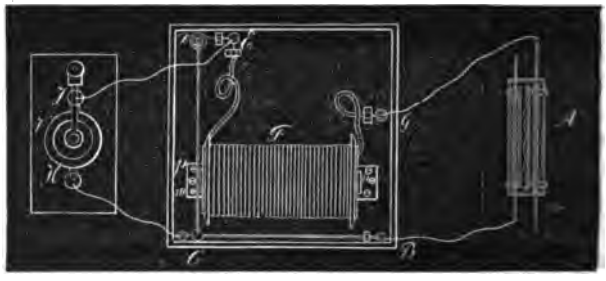
Unter dem Namen eines elektrodynamischen Condensators hat Nobili**) ein sehr einfaches Instrument angegeben, welches dazu dient, die Volta'sche Elektricität zu condensiren. Derselbe besteht aus einer ganz einfachen langen Spirale von Kupferdraht. Hat man zwei kleine Plattenpaare von einem oder zwei Quadratzoll Oberfläche, so erhält man mit Hülfe eines Condensators Funken durch dieselben, ohne denselben aber nicht. Nobili stellte den Versuch auf folgende Art an. Er befestigte an die Kupferplatte und an die Zinkplatte zwei kurze Metalldrähte und verband das freie Ende eines dieser Drähte (gleichviel welches) mit dem einen Ende der Spirale, welche als Condensator diente, mit der Vorsicht, diese Verbindung ein wenig unterhalb des letzteren Endes zu bewerkstelligen. Er faßt nun mit den Fingern der einen Hand die beiden Enden der Spirale, hält sie parallel dicht neben einander, nimmt darauf das freie Ende des nicht mit der Spirale verbundenen Polardrahtes und streicht es entweder über das andere (unverbundene) Ende der Spirale, oder über den andern Polardraht. Im ersten Falle macht die Spirale einen Theil des Bogens aus, und es erscheint im Moment der Unterbrechung ein Funke; im zweiten Falle bleibt die Spirale vom Bogen ausgeschlossen und der Funke stellt sich nicht ein. Zur Erklärung dieser Erscheinung und der Wirksamkeit des Apparates erinnert Nobili, daß bei einer einfachen Wollaston'schen Kette (s. d. Art.) der Funke niemals beim Schlie-

*) Auf die Theorie des Condensators werde ich im Art. Elektricität zurück kommen. Ich verweise hier nur noch auf eine Abhandlung von Rieß über diesen Gegenstand in Pogg. Ann. Bd. LXXIII. S. 367, und auf eine Abhandlung von A. S. Weiß in einem Programm der Handels- und Gew.-Schule zu Fürth vom J. 1848.

**) Antologia di Firenze No. 136. Pogg. Ann. Bd. XXVII. S. 486.

ßen (wenn die Polardrähte verbunden werden) auftrat, wohl aber beim Oeffnen (beim Trennen der Drähte), wenn ſie nur einige Stärke beſitze. Durch das Schließen der Kette beginnt der elektriſche Strom ſeine Circulation und im Augenblicke, wo die Kette getrennt wird, ſtrömt die in den Drähten enthaltene Elektricität aus. Dieſe Ausſtrömung muß um ſo bedeutender ſein, je größer die Quantität der ſtrömenden Elektricität iſt. Dieſe Quantität muß (wenn man ſich die Elektricität als einen ununterbrochenen Strom vorſtellt und trotz dem mit der Länge des Drahtes zunehmende Leitungswiderſtand) im Allgemeinen deſto größer ſein, je länger der Leitungsdraht iſt. Der Condenſator Nobili's iſt nun nichts weiter als ein langer Draht (die ſchraubenförmige Windung erſcheint als unweſentlich), mit welchem die Schließung bewirkt, alſo eine große Quantität (gleichſam ein langer Strom) Elektricität in Circulation geſetzt wird, welcher bei der Trennung in Funken ausſtrömt.

Complicirter iſt der elektrochemiſche oder beſſer Volta'ſche Condenſator, welchen De la Rive*) angegeben hat. Er beſteht im Weſentlichen aus einer Vorrichtung, in welcher der Strom einer einfachen Kette durch den von ihr ſelbſt erregten Inductionsſtrom ſo verſtärkt wird, daß er im Stande iſt, Waſſer zwiſchen Platinplatten in beträchtlicher Menge zu zerſetzen. A iſt eine einfache



Kette, entweder eine Daniell'ſche, die für ſich das Waſſer zwiſchen Platten gar nicht zu zerſetzen vermag, oder eine Grove'ſche, die es unter gleichen Umſtänden nur in ſehr unbedeutender Maſſe zerſetzt. Die an ihre Platten gelötheten Drähte endigen in den Queckſilbernäpfchen B und G. — C iſt ein Schälchen von amalgamirtem Kupfer. CD ein Metallſtab, verſehen bei D mit einer Feder, die ſein herabgebogenes Ende C mit dem Boden des Schälchens in Berührung hält; DE ein Leiter, welcher den Stab CD mit dem Draht EFG in Verbindung ſetzt. — Dieſer Draht EFG, ein mit Seide beſponnener Kupferdraht, iſt um eine Hülſe gewickelt. Er muß dick ſein und darf keine zu große Länge haben. De la Rive nimmt ſtatt eines Drahtes lieber drei neben einander, jeden von 1 Millimeter, die er 100 Umgänge um die Hülſe machen läßt, und dann an ihren Enden in E und G vereinigt. — m n iſt ein Cylinder von weichem Eiſen im Innern der Hülſe; p ein Stückchen weiches Eiſen, das an den Stab DC befeſtigt iſt und vom Ende m des Eiſencylinders heraufgezogen wird, ſobald dieſer durch den Strom magnetiſirt (ſ. d. Art. Elektromagnetismus) iſt. — H und J ſind die Enden zweier Leiter, die dazu dienen, das mit Platinplatten verſehene Voltameter V in den Kreis der Kette zu bringen. — So wie man die Kette ſchließt, kreiſt der Strom in BCDEG.

*) Archives de l'Electr. T. III. p. 159. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 397.

ugenblicklich wird das Stückchen p heraufgezogen, weil m n magnetiſirt iſt. Allein adurch wird auch ſogleich die Schließung bei C unterbrochen, weil der Stab DC, eſſen herabgebogenes Ende auf den Boden des Schälchens C drückte, ſich hebt. Dieſe Unterbrechung ruft in dem auf F gewickelten Draht einen Inductionsſtrom ervor, welcher gleiche Richtung mit dem der Kette beſitzt. Andererſeits iſt, ſo ange der Stab DC gehoben bleibt, ein neuer Schließbogen gebildet, von der Kette aus längs BCH zum Voltameter V, und von da längs JEG zur Kette zurück. Das Voltameter wird alſo zugleich durchlaufen von dem Inductionsſtrome und von em Volta'ſchen Strome (verſtärkt — wie De la Rive meint — durch den Durchgang des Inductionsſtromes durch die Kette). Sowie indeß die Schließung bei C unterbrochen wird, iſt auch das Eiſen nicht mehr magnetiſirt oder wenigſtens ſehr ſchwach, weil das Voltameter ſich in der Bahn des Stromes befindet; das Stückchen p wird nicht mehr heraufgezogen, der Stab DC dagegen von ſeiner Feder iedergedrückt und der Kreis wieder bei C geſchloſſen. Der Strom fängt alſo ieder an durch BCDEG zu kreiſen und dieſelbe Reihe von Erſcheinungen wieder- olt ſich. — Die Kraft der Feder D und der Abſtand des Stückchens p von der Unterſeite des Endes m des Eiſencylinders müſſen ſo abgeglichen werden, daß die oscillatoriſche Bewegung des Stabes DC leicht und ſehr raſch geſchehe. Durch Probiren gelangt man ſehr bald dahin, den Apparat in dieſer Beziehung unter die günſtigſten Bedingungen zu verſetzen. — Mittelſt einer ſolchen Vorrichtung er- hielt De la Rive 10 bis 15 Cubikcentimeter Knallgas in einer Minute, doch nur mit Anwendung einer Daniell'ſchen oder Grove'ſchen Kette. Eine ge- wöhnliche Zink-Platin-Kette, mit Säure oder Salzwaſſer geladen, bewirkte keine Waſſerzerſetzung zwiſchen den Platinplatten des Voltameters.

Condenſator der Dampfmaſchine, ſ. Dampfmaſchine.

Conductor, ſ. Elektriſirmaſchine.

Conſtellation, ſ. Aſpecten.

Contactelektricität, ſ. Galvanismus.

Contactthermometer, ſ. Thermometer.

Convergläſer, ſ. Linſe.

Culmination nennt man den Eintritt eines Geſtirns in den Meridian (Mit- tagskreis) des Beobachtungsortes; man ſagt dann: das Geſtirn culminirt. In der Culmination hat jeder Stern während ſeiner Sichtbarkeit über dem Hori- zonte ſeine größte Höhe erreicht. Culminirt der Mittelpunkt der Sonnenſcheibe, ſo iſt es genau 12 Uhr wahre Sonnenzeit; culminirt dagegen das Centrum der Scheibe der nur eingebildeten, ſogenannten mittlern Sonne, ſo iſt es genau 12 Uhr mittlere Sonnenzeit. Die Beobachtung der Culmination eines Fixſterns dient zur Beſtimmung ſeiner Rectaſcenſion, indem die Culminationszeit, nach einer genau Sternzeit weiſenden Uhr bemerkt, ſofort die gerade Aufſteigung des Sternes giebt. Bei dem Monde, ſowie bei den Circumpolarſternen (ſ. d. Art.) pflegt man von der obern und untern Culmination zu reden. Der Mond kann, we- nigſtens in unſern Gegenden, nur in ſeiner obern, dagegen jeder Fixſtern, deſſen Poldiſtanz kleiner als die Polhöhe des Beobachtungsortes iſt, in beiden Culmina- tionen wirklich beobachtet werden. Es muß nämlich jedes Geſtirn bei ſeinem ſchein- baren täglichen Umlaufe um die Erde den Meridian zweimal paſſiren; es giebt mithin zwei Culminationen, von denen die obere an der ſüdlichen Seite des Him- mels, d. h. in dem zwiſchen dem Zenith und dem Nordpunkte gelegenen Theile des

Meridians stattfindet. — Statt Culmination sagt man auch häufig: Durchgang durch den Meridian. — Culminationszeit ist der Augenblick, da die Culmination eines Gestirns stattfindet. In der Regel bezieht man die Culminationszeit nur auf die obere oder sichtbare Culmination. Die Bestimmung der Zeit für die Culmination der Sonne aus Beobachtungen ist für die Regulirung der Uhren nach mittlerer Sonnenzeit, und die Bestimmung der Culminationszeit der Fixsterne für die Regulirung der Uhren nach Sternzeit, sowie für die Auffindung der Circumpolarsternen dieser Sterne sehr wichtig. — Auf mechanische Weise kann man mittels eines Himmelsglobus sehr leicht die mittlere Zeit des Durchganges durch den Meridian, d. h. die in mittlerer Zeit ausgedrückte Culmination irgend eines bestimmten Gestirns finden. In den astronomischen Ephemeriden findet man die Culminationen des Mondes und der Planeten angegeben. Ist nun c die Culminationszeit eines Gestirns, t sein halber Tagebogen, so ist die Zeit z des Auf- und Unterganges dieses Gestirns $z = c \mp t$. J.

Cumulus, s. Wolke.

Cyanotypie, s. Lichtbilder.

Cycloidalpendel, s. Pendel.

Cyclus, Cirkel (v. d. griech. κύκλος, und lat. circulus, Kreis) ist in chronologischer Ausdruck, unter dem ein aus einer bestimmten Anzahl von Jahren bestehender Zeitraum verstanden wird, nach dessen Verlauf gewisse Erscheinungen wieder in derselben Reihenfolge von Neuem beginnen. Mehrere Cyclen werden von den Chronologen in eine Periode (griech., Zeitraum) zusammengefaßt.

Am meisten in der Ordnung der Natur begründet ist der Mondcyclus, welcher den Zeitraum enthält, nach Verlauf dessen die Mondphasen ebenso wiederkehren, wie bei den vorhergehenden Mondcyclen. Dieser Mondcyclus wurde von dem griechischen Astronomen Meton (432 J. v. Chr. Geb.) auf 19 Jahre festgesetzt, und obgleich diese Bestimmung, wie spätere astronomische Beobachtungen gelehrt haben, um 1 Stunde 29 Minuten $13^s/_4$ Secunden fehlerhaft ist, so hat man dennoch in der gewöhnlichen Kalenderrechnung den Mondcyclus von 19 Jahren beibehalten. Noch jetzt wird nämlich in unsern Kalendern die Zahl angegeben, welche bezeichnet, das wievielte Jahr des Mondcyclus ein jedes Jahr sei, und man nennt diese Zahl die goldene Zahl. Man findet diese, wenn man zu der Jahrzahl unserer Zeitrechnung 1 hinzu addirt, und diese Summe mit 19 dividirt, der Rest ist die gesuchte goldene Zahl. Das Jahr, welches nach unserer Zeitrechnung das Jahr 1 n. Chr. Geb. heißt, war nämlich das zweite eines Mondcyclus. In einem Jahre, dessen goldene Zahl 1 ist (wie 1824 und wieder 1843), fällt der Neumond auf den 1. Januar. Mehr über diesen Gegenstand siehe man in dem Art. Epakte.

Der Sonnencyclus umfaßt einen Zeitraum von 28 Jahren, nach dessen Verlauf desselben nämlich dieselben Monatstage auf dieselben Wochentage fallen, so nämlich, daß in dem gleichvielten Jahre eines Sonnencyclus stets derselbe Wochentag Neujahr u. s. w. ist. Da 365 Tage $= (7 \times 52) + 1$ oder 52 Wochen und 1 Tag betragen, so würde, wenn jedes Jahr 365 Tage lang wäre, schon nach 7 Jahren ein Sonnencyclus vollendet sein, indem jedes Jahr um einen Wochentag fortrückte. Alle vier Jahre aber haben wir durch Einschaltung ein Jahr von 366 Tagen, deswegen gehören 4×7, d. h. 28 Jahre zu einem Sonnencyclus. Dies ist streng richtig nach dem Julianischen Kalender. Nach dem Gregorianischen Kalender ist

ei denjenigen Säcularjahren, welche nicht Schaltjahre sind, eine Veränderung ein, o daß die Uebereinstimmung der Jahre von gleicher Zahl des Sonnencyclus gestört ird. Da das Jahr 1 n. Chr. Geb. das zehnte eines Sonnencyclus war, also it Beginn des Sonnencyclus, in dem Christus geboren wurde, 9 Jahre verflossen aren, so findet man für irgend ein gegebenes Julianisches Jahr dessen Sonnen- yclus, wenn man zur gegebenen Jahreszahl 9 addirt und die entstandene Summe urch 28 dividirt. Alsdann ist der Rest dieser Division der gesuchte Sonnencyclus, igentlich aber die Zahl, welche anzeigt, das wievielste Jahr im Sonnencyclus das egebene Jahr ist. Mehr hierüber s. man in dem Art. Sonntagsbuchstabe.

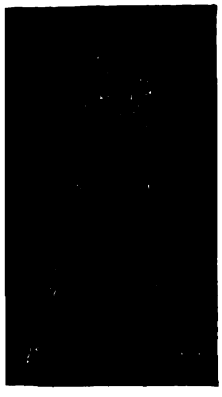
Der Indictionscyclus ist ein Zeitraum von 15 Jahren und hat seinen Namen von d. lat. indictio (Ansagung), welches zu den Zeiten der römischen Kaiser die Bestimmung der Steuer und diese selbst bezeichnete, seine Länge aber vielleicht, weil alle 15 Jahre eine neue Schatzung war, wonach die Abgaben vertheilt urden. Seit Constantin römischer Kaiser war, findet sich die Sitte, nach ahren der Indictionen zu rechnen. Aus der gegebenen Erklärung aber sieht man uch, warum die Jahrzahlen dieses Cyclus die Römer-Zinszahlen genannt erden. Wenn in so frühen Zeiten schon nach Indictionen gerechnet worden wäre, o würde Christus im vierten Jahre eines Cyclus geboren sein, bis zu Anfang jenes yclus wären also drei Jahre mehr, als seit Christi Geburt verflossen. Soll ithin für irgend ein gegebenes Jahr die Römer-Zinszahl bestimmt werden, so ist ur nöthig, die um 3 vermehrte gegebene Jahreszahl durch 15 zu dividiren; dann t der Rest die gesuchte Römer-Zinszahl, die übrigens für den Julianischen und regorianischen Kalender stets gleich bleibt.

Cylinder, berganlaufender, s. Ebene, schiefe.

Cylindergebläse, s. Gebläse.

Cylindermaschine, s. Elektrisirmaschine.

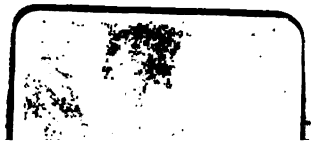
Cylinderspiegel heißen diejenigen Spiegel, deren spiegelnde Oberfläche die ekrümmte Seitenfläche eines Cylinders ist, und können entweder hohle oder erabene Cylinderspiegel sein. Die sich in einer Cylinderfläche spiegelnden Gegenstände erscheinen verzerrt, weswegen man sich der Cylinderspiegel zu Anamorhosen (s. d. Art) bedienen kann, welches eine artige Spielerei gewährt. Es



lassen sich mathematische Regeln geben, nach denen bei den Cylinderspiegeln die nothwendige Verzerrung regelmäßig gezeichneter Bilder sich bestimmen läßt, und nach denen verzerrte Bilder gezeichnet werden können, welche dann, im Cylinderspiegel betrachtet, regelmäßig erscheinen. Brewster *) giebt ein einfaches in der Ausführung leichtes Verfahren an, wie solche verzerrte Bilder zu zeichnen sind, die vor den Cylinderspiegel gelegt, ein regelmäßiges Bild geben sollen. MN (s. beistehende Fig.) sei ein aus Zinn oder dicker Pappe genau gearbeiteter Cylinder. Von der entfernteren Fläche wird eine kleine Oeffnung abcd, und von der näheren Seite eine größere ABCD, welche die Größe der verzerrten Gemälde haben muß, ausgeschnitten. Nachdem der Umriß des Gemäldes

*) Brewster, Briefe üb. natürl. Magie. Deutsch von F. Wolff. S. 121.

mit kleinen Löchern durchbohrt worden, bringt man es in die Oeffnung ABCD so, daß seine Oberfläche eine cylindrische Gestalt erhält. In S bringt man ein Licht oder einen hellen leuchtenden Gegenstand an, je kleiner, um so besser; dieser muß so weit hinter dem Gemälde ABCD liegen, als das Auge nachmals vor demselben seine Lage erhält. Das Licht, welches durch die kleinen Oeffnungen hindurchdringt, wird auf einer horizontalen Fläche ein verzerrtes Bild des Gemäldes A′B′C′D′ entwerfen. Wird der Umriß von diesem genommen und mit Farben illuminirt, so ist das Bild zum Gebrauche fertig. Setzt man einen polirten cylindrischen Spiegel von derselben Größe an die Stelle von MN, so wird das verzerrte Gemälde (s. beistehende Fig.), wenn es horizontal in A′B′C′D′ hingelegt wird, im Spiegel durch Zurückstrahlung in ABCD gesehen, in seiner ursprünglichen, regelmäßigen Gestalt erscheinen. Es würde eine Verbesserung dieses Verfahrens sein, wenn in ABCD eine dünne biegsame Platte von durchsichtigem Glimmer angebracht würde, auf welche man mit einer scharfen Spitze den Umriß der Figur eingerissen, oder auch dieselbe mit Farben aufgetragen hätte. Das in A′B′C′D′ projicirte Bild dieser Figur kann dann sehr genau copirt werden.

Wie die auf Cylinderspiegel, dieselben mögen nun convex oder concav sein, auffallenden Lichtstrahlen von denselben zurückgeworfen (reflectirt) werden, s. man den Art. Spiegel, wo die katoptrische Theorie derselben überhaupt vorgetragen wird.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.